This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Informazioni su questo libro

Si tratta della copia digitale di un libro che per generazioni è stato conservata negli scaffali di una biblioteca prima di essere digitalizzato da Google nell'ambito del progetto volto a rendere disponibili online i libri di tutto il mondo.

Ha sopravvissuto abbastanza per non essere più protetto dai diritti di copyright e diventare di pubblico dominio. Un libro di pubblico dominio è un libro che non è mai stato protetto dal copyright o i cui termini legali di copyright sono scaduti. La classificazione di un libro come di pubblico dominio può variare da paese a paese. I libri di pubblico dominio sono l'anello di congiunzione con il passato, rappresentano un patrimonio storico, culturale e di conoscenza spesso difficile da scoprire.

Commenti, note e altre annotazioni a margine presenti nel volume originale compariranno in questo file, come testimonianza del lungo viaggio percorso dal libro, dall'editore originale alla biblioteca, per giungere fino a te.

Linee guide per l'utilizzo

Google è orgoglioso di essere il partner delle biblioteche per digitalizzare i materiali di pubblico dominio e renderli universalmente disponibili. I libri di pubblico dominio appartengono al pubblico e noi ne siamo solamente i custodi. Tuttavia questo lavoro è oneroso, pertanto, per poter continuare ad offrire questo servizio abbiamo preso alcune iniziative per impedire l'utilizzo illecito da parte di soggetti commerciali, compresa l'imposizione di restrizioni sull'invio di query automatizzate.

Inoltre ti chiediamo di:

+ *Non fare un uso commerciale di questi file* Abbiamo concepito Google Ricerca Libri per l'uso da parte dei singoli utenti privati e ti chiediamo di utilizzare questi file per uso personale e non a fini commerciali.

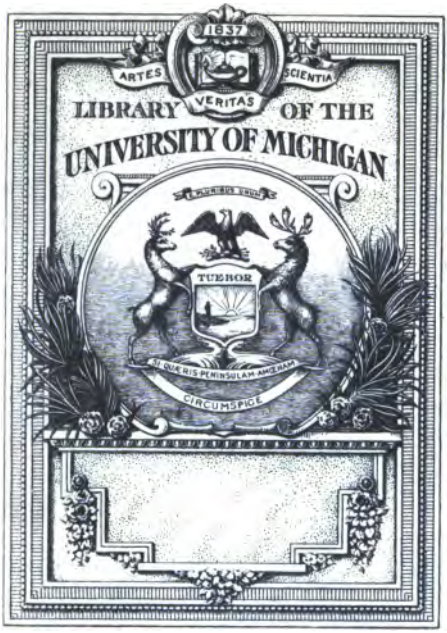
+ *Non inviare query automatizzate* Non inviare a Google query automatizzate di alcun tipo. Se stai effettuando delle ricerche nel campo della traduzione automatica, del riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) o in altri campi dove necessiti di utilizzare grandi quantità di testo, ti invitiamo a contattarci. Incoraggiamo l'uso dei materiali di pubblico dominio per questi scopi e potremmo esserti di aiuto.

+ *Conserva la filigrana* La "filigrana" (watermark) di Google che compare in ciascun file è essenziale per informare gli utenti su questo progetto e aiutarli a trovare materiali aggiuntivi tramite Google Ricerca Libri. Non rimuoverla.

+ *Fanne un uso legale* Indipendentemente dall'utilizzo che ne farai, ricordati che è tua responsabilità accertati di farne un uso legale. Non dare per scontato che, poiché un libro è di pubblico dominio per gli utenti degli Stati Uniti, sia di pubblico dominio anche per gli utenti di altri paesi. I criteri che stabiliscono se un libro è protetto da copyright variano da Paese a Paese e non possiamo offrire indicazioni se un determinato uso del libro è consentito. Non dare per scontato che poiché un libro compare in Google Ricerca Libri ciò significhi che può essere utilizzato in qualsiasi modo e in qualsiasi Paese del mondo. Le sanzioni per le violazioni del copyright possono essere molto severe.

Informazioni su Google Ricerca Libri

La missione di Google è organizzare le informazioni a livello mondiale e renderle universalmente accessibili e fruibili. Google Ricerca Libri aiuta i lettori a scoprire i libri di tutto il mondo e consente ad autori ed editori di raggiungere un pubblico più ampio. Puoi effettuare una ricerca sul Web nell'intero testo di questo libro da `http://books.google.com`


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

QC
253
C896

DEL CALORE ANIMALE

E DELLA

COMBUSTIONE

SPERIENZE ED OSSERVAZIONI

DI

A. CRAWFORD

1748-1795

TRADOTTO

DALLA SECONDA EDIZIONE INGLESE

DA

GIUSEPPE VENTUROLI

BOLOGNA

1800

NELL' INSTITUTO DELLE SCIENZE

CON APPROVAZIONE.

PREFAZIONE

DEL TRADUTTORE.

Library copy
Perella
5-22-24
9749

La meritata celebrità di cui ha goduto quest' opera fin dal primo suo comparire mi dispensa abbastanza da quel dovere che sogliono i traduttori imporre a se stessi, di far conoscere ed esaltar con magnifiche lodi il pregio dello scrittore che hanno preso a tradurre. Le Italiane scuole non meno che le straniere risuonan tuttora altamente del nome di Crawford; la sua Teoria ha riscosso gli applausi e riunito i suffragj di tutti i dotti, e non ha incontrata se non qualche passaggiera objezione, dileguata si può dir nel suo nascere. Raro e forse unico vanto di cui alcuna tra le fisiche o fisiologiche Teorie possa pregiarsi; e conseguenza ben giusta della fermezza de' fondamenti su i quali essa si regge.

Eppure dopo ben dodici anni dacchè uscì alle stampe la seconda edizione di questo libro, l' Italia nostra inondata per ogni parte di produzioni men che mediocri tradotte a gara e stampate, manca tuttavia d' una versione di quest' opera originale. Ne manca pure, per quanto è a mia notizia, la Francia. Ond' è che i più non la conoscono quì fra noi, che per mezzo di alcuni estratti,

ti, o transunti; diligenti invero, e fedeli, ma che se bastano a pascere una superficiale curiosità, non bastan certo ad appagare le dotte brame dei profondi e giudiziosi leggitori.

Mosso dalle querele che ho inteso farne da molti, e incoraggito dal distinto merito dell' Autore, io mi sono determinato a render pubblica questa Traduzione. Essa è letterale, e non ha altro pregio fuorchè quello della fedeltà e dell' accuratezza. Ho aggiunto in fine alcune poche annotazioni: non potran queste gran fatto interessare i dotti, i quali poco o nulla vi troverebber che apprendere; ma la gioventù studiosa potrà forse incontrarvi qualche necessario schiarimento, qualche utile aggiunta, qualche non inopportuna riflessione.

Avrei forse dovuto moltiplicar di più quelle Note che han per oggetto di agevolar la lettura di quest' opera, e di sminuire le oscurità che tratto tratto vi s' incontrano. Ma ho fatto riflessione che i leggitori disposti a studiarla con tranquilla e paziente attenzione, non ne avrebber guari bisogno; per gli altri niuna annotazione sarebbe sembrata bastante. Io non saprei troppo ridirlo alla gioventù studiosa; questo non è libro da passar leggermente, ma da meditare con posatezza. Esso è tessuto di molte proposizioni, ciascuna delle quali è il risultato di più osservazioni, e di molte e varie sperienze; queste si presentano a prima vista come isolate, ma un filo impercettibile le connette e lega tra loro; dal loro intreccio risulta tutto il complesso della Teoria: la minuta descrizione degli apparati, il dettaglio delle sperienze, quelle

delle avvertenze usate a prevenir gli errori, o a corregerli, il calcolo fatto a dedurne i risultati, tutto ciò interrompe assai volte la serie dei raziocinj, e fa smarrirne la traccia. Questa difficoltà non può vincersi che colla diligenza, e col frequente e reiterato confronto de' risultati. Ed io sarei d' avviso che il giovane studioso dopo una prima lettura dovesse ripigliare il libro, e rileggerlo: se questo si tien per util consiglio nella lettura di qualunque opera di ragionamento, nella presente io lo reputo poco meno che necessario.

Non dovrà però riuscir grave una fatica, che verrà compensata da non dispregevol profitto. Non sarà certamente piccol vantaggio quello di possedere fondatamente una Teoria così illustre, e così universalmente approvata. Io dico fondatamente: poichè se sono moltissimi che conoscono in qualche modo la Teoria di Crawford, assai pochi forse sono che ne abbiano un idea chiara e precisa. E donde in fatti son nate quelle insussistenti objezioni che alcuni fisici le hanno contrapposte, fuorchè dal non averne essi ben compreso lo spirito? Gli stessi fisici meglio illuminati sulla vera intelligenza di questo sistema, oserebbero essi riprodurle?

Sebbene la Teoria di Crawford dee interessarci non tanto per se medesima, quanto per le esteso ed utili applicazioni ond' è suscettibile. Essa non è solamente un complesso di molte fisiche verità, ma è ancora una feconda sorgente di nuove scoperte, e un vasto campo aperto all' industria de' coltivatori delle scienze naturali. Egli è sopra tut-

to alla fisiologia ed alla patologia che la Teoria Crawfordiana promette nuovi e considerabili accrescimenti. I cenni che ne dà il nostro Autore, e gli altri non men sagaci che aggiunge l' immortale Lavoisier nelle sue belle Dissertazioni sulla respirazione, e sulla traspirazione, bastano a far concepire le più lusinghiere speranze. E certo se alcuna cosa può valere a recar lume a queste astruse scienze, e a diradar le tenebre che tuttavia le ingombrano, par veramente che da questa Teoria promossa ed applicata a dovere debbano esse sperare assai più, che non da certe brillanti ipotesi, le quali prive d' ogni corredo d' osservazioni e d' esperienze, e lavoro della sola immaginazione, pur osano darsi il vanto ed arrogarsi il nome specioso di Teorie, e di Sistemi.

AVVERTIMENTI PRELIMINARI.

I.

Siccome le annotazioni del traduttore non sono citate nel testo, così volendo il lettore riportarsi di mano in mano alle medesime, dovrà consultar l' indice posto in fine, il quale riferisce e riporta ciascuna annotazione al suo luogo.

II.

L' Autore usa continuamente del termometro di Farhenheit. I gradi di questo termometro si possono facilmente ridurre a gradi del termometro Reaumuriano, e viceversa. Basta avvertire 1°. Che lo stesso intervallo tra il gelo e l' ebullizione essendo diviso nel termometro di Farh. in 180°, e nel Reaumuriano in 80°, ne segue che 180° di Farh. fanno 80° di Reaumur; ossia 9 gradi di Farhenheit ne fanno 4 di Reaumur. 2°. Che al grado zero di Reaumur corrisponde il grado 32 di Farhenheit.

Quindi se sia f un grado segnato nel termometro di Farh. ed r il grado corrispondente nel termometro di Reaumur, sarà $f = 32 + \frac{9r}{4}$; ed $r = \frac{4(f-32)}{9}$.

III.

Il termometro Svezzese di Celsio viene esso pure mentovato dall' Autore. Questo segna zero al punto del ghiaccio, e 100° al punto dell' ebullizione. Adunque 180° di Farh. fanno 100° di Celsio, ossia 9° de' primi ne fanno 5° di questi.

Sia dunque f un grado qualunque di Farh. e c il grado corrispondente di Celsio; sarà $f = 32 + \frac{9c}{5}$; e $c = \frac{5(f-32)}{9}$.

IV.

Espresso il piede di Parigi per l' unità, o per 1, 000; il piede Inglese si esprime per 0, 938 prossimamente *. Quindi se sia p un numero qualunque di piedi Inglesi, q il corrispondente numero di piedi Francesi, sarà $q = 0, 938\ p$.

V.

Due sorte di libbre trovansi adoperate dall' Autore; la libbra *Troy* divisa in once dodici, e la libbra *Avoirdupois* divisa in once sedici come la libbra francese. Esprimendosi la libbra Francese per 1, 000 la libbra *Troy* viene espressa per 0, 762, e la libbra *Avoirdupois* per 0, 927.

Quindi se T rappresenti un numero qualunque di libbre *Troy*, ed L il corrispondente numero di libbre Francesi, sarà $L = 0, 762\ T$.

E similmente volendo ridurre un numero A di lib-

* V. *Cristiani* Misure Antiche e Moderne.

libbre *Avoirdupois* al corrispondente numero *L* di libbre Francesi, abbiamo $L = 0, 927\ A$.

VI.

L' oncia misura di cui si vale l' Autore pei fluidi aeriformi, è una misura di capacità. Significa un volume d' aria, o d' altro gas, equivalente al volume d' un oncia d' acqua.

VII.

Il Traduttore non dovea farsi lecito d' alterare il testo coll' introdurvi la nuova nomenclatura Chimica in vece dell' antica della quale fa uso l' Autore. Ciò per altro non può cagionar grave imbarazzo, essendo troppo nota la corrispondenza de' nomi vecchi coi nuovi. Tuttavia a prevenir qualunque difficoltà si è quì aggiunta la seguente Tavoletta delle principali voci chimiche che in questo libro s' incontrano, ponendo a fronte i nuovi nomi corrispondenti.

Nomenclatura antica.	*Nuova nomenclatura.*
Acido nitroso giallo.) Vapore dell' acido nitroso.)	*Acido nitroso.*
Acido nitroso.	*Acido nitrico.*
Acido vitriolico.) Spirito di vitriolo.) Olio di vitriolo.)	*Acido sulfurico.*

Alcali volatile.	*Ammoniaca.*
Alcali volatile dolce.	*Carbonato d'ammoniaca.*
Antimonio diaforetico.	*Ossido bianco d' antimonio.*
Antimonio diaforetico lavato.	*Ossido bianco d' antimonio per mezzo del nitro.*
Aria deflogisticata.) Aria pura.)	*Gas ossigeno.*
Aria fissa.	*Gas acido carbonico.*
Aria flogisticata.	*Gas azoto.*
Aria infiammabile.) Aria infiammabile leggera.)	*Gas idrogeno.*
Aria infiammabile pesante.	*Gas idrogeno carbonato.*
Aria nitrosa.	*Gas nitroso.*
Base dell' aria deflogisticata.	*Ossigeno.*
. . . . dell' aria fissa.	*Carbonio.*
. . . . dell' aria infiammabile.	*Idrogeno.*
Calci metalliche.	*Ossidi metallici.*
Calore considerato come principio.	*Calorico.*
Ruggine di ferro.	*Ossido giallo di ferro.*
Terra calcare.	*Carbonato di calce.*
Vitriolo azzurro.	*Solfato di rame.*

Oltre queste voci, s' incontra ancora sovente in quest' opera la voce *Flogisto* o *Principio infiammabile*. Questo nome che indica un principio comune a tutti i corpi infiammabili, e che appunto

to tali li rende, non è ammesso nella moderna Nomenclatura, perchè la nuova Teoria chimica non riconosce e non ammette questo universale principio d' infiammabilità. *Kirwan* uno degli ultimi sostenitori del flogisto credette di ravvisarlo nel gas idrogeno, o sia nell' aria infiammabile. Quindi il flogisto di *Kirwan* altro non è che il gas idrogeno.

Ove tal nome s' incontra nel nostro libro, esso indica, generalmente parlando, il complesso di que' principj che sono suscettibili di combinarsi coll' ossigeno, e specialmente l' idrogeno, ed il carbonio.

PREFAZIONE
DELL' AUTORE.

Le Sperienze onde trasse origine questa nuova spiegazione del calore animale e della combustione furon fatte a Glasgow correndo la state dell' anno 1777. Nel seguente autunno furon partecipate al Dr. *Reid*, a *Wilson*, al Dr. *Irvine*. Al riaprir le sedute dell' Università ne fu data contezza a molti Professori e Scolari dell' Università d' Edimburgo; e nel decorso dell' inverno furono esposte nella Società Reale di Medicina.

La prima edizione di quest' opera pubblicata nel 1779 ne diede al pubblico un succinto ragguaglio. Ma i saggi sperimentali esposti in quell' edizione furon fatti in circostanze troppo svantaggiose; avendoli ripetuti con diligenza, m' avvidi ben tosto d' esser caduto in errori assai notabili nel determinare la quantità di calore contenuta ne' fluidi elastici permanenti. Trovai per altro che questi errori non alteravano sostanzialmente la spiegazione da me recata del calore animale, e della combustione. L' eccesso della capacità dell' aria deflogisticata sopra quella dell' aria fissa riuscì veramente minore,

di

di quel che appariva dalle prime prove; ma una lunga serie di sperienze fatte colla più scrupolosa attenzione ed accuratezza manifestò tuttavia una tal differenza tra le capacità di questi fluidi, che basta a recare un adeguata spiegazione de' fenomeni.

Se ho fino ad ora differito a render pubblico il risultato delle mie ricerche, è stato appunto per aver agio d' entrare in una più profonda disamina di quest' argomento, e di stabilire le proposizioni fondamentali sopra le più solide basi. Io porto opinione che la correzione esatta degli errori, sia la migliore scusa de' medesimi: e quantunque la sollecita comunicazione delle scoperte sia essenziale all' avanzamento delle cognizioni umane, egli è però assai più interessante che i fatti siano bene accertati di quello che siano pubblicati prontamente.

Molte altre cagioni hanno cospirato a ritardare la pubblicazione di quest' opera. Ed io potrei quì ricordare gl' inciampi insorti da cagionevol salute, dalle distrazioni d' una professione che esigeva gran parte delle mie cure, dalla difficoltà di procurarmi l' apparato richiesto a queste delicate sperienze. Ma io reputo inutile trattenermi a giustificare un ritardo, di cui i miei Leggitori debbon anzi sapermi grado.

E' generale opinione ai dì nostri che l' esperienza e l' induzione sia l' unico mezzo per cui ci sia permesso l' interpretare i divini caratteri che il Supremo Autore della Natura ha impressi nelle sue opere: ora i coltivatori delle scien-

ze naturali sanno per prova quanta fatica richiegga questo mezzo di rintracciare la verità, e quanto lunghe e pazienti ricerche.

Malgrado tutti gli sforzi che ho usati per stabilire sopra sicuri fondamenti le proposizioni che io ora assoggetto al giudicio del pubblico, io son ben lontano dal riguardarle come affatto esenti da errore. In un tentativo fatto per determinare la relazione che passa tra principj così fugaci quali sono l' aria, ed il fuoco, noi non possiamo pretendere che ad una tal quale approssimazione alla verità. Mi lusingo però che in queste sperienze non si troverà alcun abbaglio considerabile; e per i piccoli errori che tuttavia potessero rimanervi, spero che i discreti leggitori non vorranno ascriverli che a quelle inevitabili imperfezioni de' sensi e de' termometri, che rendono sì difficile la precisa valutazione delle minime differenze, e che ci toglieranno mai sempre di giungere al grado estremo d' accuratezza.

DEL

CALORE ANIMALE

E DELLA

COMBUSTIONE.

SEZIONE PRIMA.

Calore, e *fuoco* son parole di ambiguo significato. La voce *calore* nel comune linguaggio ha un doppio senso. Usasi indistintamente ad esprimere ora una sensazione dell' animo, ora quello sconosciuto principio, sia esso una *qualità*, o una *sostanza*, che è la cagione eccitatrice di questa sensazione.

I Fisici che in questi ultimi tempi hanno rivolto le loro ricerche a quest' oggetto, generalmente parlando hanno presa la parola calore in quest' ultimo senso; estendendone però il significato più di quel che fa il volgo. Poichè nel volgare uso di parlare, calore esprime quello sconosciuto principio anzidetto portato ad un tal grado, che sia capace di produrre una certa impressione nei sensi; laddove nel linguaggio scientifico calore esprime bensì quello stesso principio sconosciuto, ma considerato in astratto, e senza alcun riguardo agli effetti ch' esso possa produrre. Per non mancare della necessaria precisione io da quì innanzi col celebre Dr. *Irvine* di Glasgow chiamerò *Calore Assoluto* quell' esterno principio considerato in astratto; e *Calore Relativo* quello stesso principio considerato per rapporto agli effetti da esso prodotti. *Calore Assoluto* esprimerà dunque in astratto quella *potenza*, o quell' *elemento*, che quando è portato

tato ad un *certo* grado, desta negli animali la sensazione di caldo; *Calore Relativo* esprimerà la stessa potenza, o elemento considerato per rapporto agli effetti per cui esso si manifesta e si misura.

Gli effetti per cui il calore si manifesta e si misura sono tre, e perciò il calore relativo si può considerare sotto tre aspetti diversi.

I. Questo principio si manifesta dalla particolar sensazione ch' esso desta negli animali. Considerato in quanto desta questa sensazione, egli può chiamarsi *Calor Sensibile*.

II. Si manifesta dall' effetto che produce sul termometro, istrumento destinato a misurarlo. Quest' effetto disegnasi col nome di *Temperatura*.

III. Si è riconosciuto per esperienza, che diversi corpi possono contenere diverse quantità di *Calore Assoluto*, quantunque le temperature, e i pesi siano i medesimi. Così le seguenti sperienze dimostreranno che se una libbra d' acqua, e una libbra di antimonio diaforetico siano composte alla stessa temperatura, la dose di *Calore Assoluto* contenuta nell' acqua, sarà circa quadrupla della contenuta nell' antimonio diaforetico. Quando il principio del calore si risguarda relativamente alla totale quantità del medesimo che è contenuta in diversi corpi, ad eguali pesi e temperature, io lo chiamerò *Calore Comparativo*. Se p. e. ad uguali pesi e temperature la total quantità del calore contenuta nell' acqua è quadrupla della contenuta nell' antimonio, dirò che il calore comparativo dell' acqua sta a quello dell' antimonio, come quattro ad uno.

Il

Il calor sensibile si misura dall' intensità della sensazione ch' ei desta: la temperatura dall' alzamento del fluido nel termometro; il calor comparativo dal cangiamento di temperatura che si produce in corpi di peso uguale coll' introdurvi eguali quantità di calore.

Così noi diremo che due corpi hanno lo stesso calor sensibile, quando fanno un eguale impressione sul sensorio; e lo stesso corpo si dirà avere un maggiore o minor grado di calor sensibile, secondo che fa sul senso maggiore o minore impressione.

Similmente diremo che due corpi hanno la stessa temperatura, quando inducono eguali alzamenti nel termometro; e lo stesso corpo si dirà avere temperatura più alta o più bassa, secondo che induce nel termometro maggiore o minore alzamento.

Si proverà appresso, che posti eguali i pesi e le temperature di due corpi, il loro calore comparativo sarà maggiore o minore, secondo che reciprocamente sarà minore o maggiore il cangiamento di temperatura che vi s' induce coll' introdurvi eguali quantità di calore assoluto. Troviamo p. e. che la stessa quantità di calore che alza la temperatura d' una libbra d' acqua di un grado, è bastante ad alzare la temperatura d' una libbra di mercurio 28°. Ne segue adunque, come proveremo in appresso, che il calore comparativo dell' acqua sta a quello del mercurio come 28 ad 1. Perciò i cangiamenti che subiscono le temperature de' corpi all' introdurvi date quantità di calore

assoluto, possono prendersi per misura de' loro calori comparativi: giacchè i calori comparativi sono reciprocamente proporzionali ai suddetti cangiamenti di temperatura.

Il calor sensibile dipende in parte dalla temperatura, in parte dallo stato del sensorio; quindi alterato il sensorio, varia il calor sensibile, quantunque la temperatura non cangi. L' acqua alla temperatura di 62° di Farhenheit parrà fredda alla mano, che calda in essa s' immerga; ma al contrario sembrerà calda, se la mano che vi s' immerge non giunga a 62° di temperatura. E però il termometro è una misura del calore assai più giusta che non è il senso degli animali. Tuttavia finchè non accade variazion nel sensorio, il calor sensibile è proporzionale alla temperatura; quindi è che questi due termini generalmente parlando si usano come sinonimi. Il mio dotto amico Dr. *Reid* ha osservato, che sino a tanto che l' esperienza e l' induzione non giungano a determinare il rapporto che passa fra una ed un altra temperatura, noi dobbiamo riguardar la temperatura come una misura suscettibile bensì di gradi, ma non di precisi rapporti; e però non dovremmo mai asserire che la temperatura d' un corpo è doppia o tripla di quella d' un altro. E dovremmo anzi proscrivere affatto queste espressioni di temperatura doppia o tripla, come quelle che non ponno avere un preciso significato prima che sia esattamente determinato questo rapporto delle diverse temperature. L' aver trascurata quest' avvertenza ha tratti in errore alcu-

ni fisici nel calcolare il calore delle comete a certe distanze dal Sole.

Nel misurare i calori comparativi di due corpi diversi, possiamo considerar questi corpi o ad eguali *pesi* e temperature, o ad eguali *volumi* e temperature: i risultati di queste due diverse misure differiranno tra loro tanto più, quanto più differiranno le gravità specifiche de' due corpi. I calori comparativi dell' acqua e del mercurio in eguali *volumi* si troveranno incirca come 2 ad 1; ma in eguali *pesi*, o *masse*, si troveranno incirca come 28 ad 1. Noi misureremo sempre i calori comparativi, paragonando fra loro uguali *pesi*, o *masse* delle diverse sostanze; sfuggiremo così le difficoltà che ci si presenterebbero facendo il paragone di eguali volumi; a cui si richiederebbe una determinazione più squisita delle gravità specifiche di quella che si ha presentemente.

Giacchè eguali masse di sostanze eterogenee trovansi contenere diseguali quantità di calore assoluto, convien per certo ammettere ne' diversi corpi qualche essenziale diversità; per cui alcuni abbiano la potenza di raccogliere e trattenere quest' elemento in maggior copia che gli altri. Queste diverse potenze le chiameremo in avvenire *capacità* de' corpi per contenere il calore, o semplicemente *capacità*; così se troviamo che ad eguale temperatura una libbra d' acqua contiene quattro volte più calore che una libbra d' antimonio diaforetico, diremo che la capacità dell' acqua è a quella dell' antimonio come 4 ad 1.

La temperatura, la capacità per contenere il

calore, e l'assoluto calore contenuto debbono fra loro distinguersi nel modo seguente.

La capacità si distingue dal calore assoluto, come una potenza si distingue dal soggetto sopra cui essa opera. Quando diciamo capacità, noi intendiamo una potenza inerente nel corpo riscaldato; quando nominiam calore assoluto, intendiamo uno sconosciuto principio cui l'azione di quella potenza trattiene nel corpo; quando diciamo temperatura, noi consideriamo quello stesso sconosciuto principio in quanto produce sul termometro certi effetti.

La capacità può rimanere inalterata, variando tuttavia all'infinito il calore assoluto. Fingiamo che una libbra di ghiaccio mantenga costantemente il suo stato di solido; la quantità del suo calore assoluto si cangerà a misura che cresce o scema il suo calor sensibile; ma (come si dimostrerà appresso) finchè ella si mantien solida, la capacità non resterà alterata per qualunque alterazion di temperatura, e resterebbe la stessa quand' anche il corpo venisse interamente spogliato del suo calore.

Abbiamo già avvertito che dosi eguali di assoluto calore inducono nella temperatura di diversi corpi *maggiore* o *minor* cangiamento, secondo che i corpi stessi ne' quali s' introduce il calore hanno *minore* o *maggiore* capacità. Per conseguenza l'introduzione d'una data quantità di calore assoluto accresce più la temperatura del corpo che ha minor capacità, che non accresce quella del corpo di maggior capacità. Quindi la tem-

pe-

peratura d'un corpo dipende in parte dalla quantità del suo calore assoluto, ed in parte dalla natura del corpo stesso; e però la temperatura può variare o per un cangiamento nella natura del corpo, o per un cangiamento nella quantità del suo calore assoluto.

Se il cangiamento di temperatura nasce dalla prima di queste circostanze, la temperatura varierà, quantunque il calore assoluto rimanga il medesimo. Sia un corpo di dato peso, che abbia capacità come 1, quantità di calore assoluto come 10, e la sua temperatura computata dal punto della total privazione di calore sia pure come 10. Suppongasi che la capacità di questo corpo tutto ad un tratto diventi doppia; la stessa quantità di calore assoluto che prima lo costituiva alla temperatura 10, ora non potrà mantenerlo che alla temperatura 5. Ciò apparirà in seguito più chiaramente dalle osservazioni ed esperienze che si faranno sull'aria fissa ed atmosferica, sul sangue arterioso e venoso *.

Tra le capacità, le temperature, e le quantità di calore assoluto hanno luogo i seguenti rapporti.

Ad eguali masse, ed eguali temperature, le capacità de' corpi si considerano proporzionali alle quantità di calore assoluto che essi contengono. Chiamisi la temperatura T, la capacità C, il calore assoluto A. Se le masse, e le temperature

* Il Dr. *Irvine* fu il primo a stabilire questa general proposizione intorno all'influenza della mutazione di capacità d'un corpo sopra la di lui temperatura.

sian date, le capacità saranno come i calori assoluti: ossia dato T, sarà A proporzionale a C. Parimente nello stesso corpo, se la capacità è data e costante, la quantità di calore assoluto sarà in proporzione della temperatura computata dal punto della total privazione di calore, e misurata da un termometro, in cui gli alzamenti siano esattamente proporzionali agli aumenti di calore: ossia dato C, sarà A proporzionale a T.

Se dato T, è A proporzionale a C; e dato C, è A proporzionale a T; segue che non essendo dato nè T, nè C, sarà A proporzionale a $T.C$.

Per conseguenza C proporzionale ad $\frac{A}{T}$; e dato A, sarà C reciprocamente proporzionale a T. Quindi se le capacità saranno reciprocamente proporzionali alle temperature, le quantità di calore assoluto saranno eguali. Suppongasi che la capacità della calce d'antimonio sia a quella del regolo d'antimonio come 3 ad 1, e che la temperatura della calce, computata dal punto di total privazione sia a quella del regolo, come 1 a 3; la calce, ed il regolo conterranno eguali dosi di calore assoluto.

Fuoco nel comune uso di favellare esprime un certo grado di calore accompagnato da luce; ed applicasi particolarmente questo nome al calore ed alla luce prodotta dell'infiammazione de' corpi combustibili. Ma siccome il calore quand'è accumulato in copia sufficiente è sempre accompagnato da luce; ossia, che è lo stesso, siccome all'accrescersi il calore si sviluppa sempre del fuoco,

co, così i fisici comunemente han derivato questi fenomeni dalla medesima cagione *; ed hanno applicata la voce *fuoco* a significare quello sconosciuto principio, il quale portato a un certo grado eccita soltanto la sensazion di calore, ma portato a un grado maggiore si fa sensibile alla vista insieme ed al tatto, e produce ad un tempo calore e luce.

In questo senso *fuoco elementare* è lo stesso che *calore assoluto*.

Premesse queste definizioni ed osservazioni, io passo a porre sott' occhio ai lettori alcuni fatti o fenomeni generali che servon di fondamento alle seguenti sperienze.

I. Il calore tende costantemente a diffondersi per tutti i corpi, finchè tutti si riducano ad eguale temperatura. Così ne mostra il termometro che se due corpi a diverse temperature si frammischiano, o si pongono l'un presso l'altro, passa il calore dall' uno all' altro, finchè le temperature si pareggino; così qualunque corpo inanimato, se riscaldato si colloca in un freddo ambiente, perde a poco a poco del suo calore, finchè gradatamente riducesi alla temperatura dell' ambiente.

Se non fosse l' azione delle cagioni esterne perturbatrici, tutti i corpi terrestri si ridurrebbero dunque alla fine ad una comune temperatura, nella quale il calore si rimarrebbe equilibrato; nella stessa guisa che le acque del mare se non fosser disturbate dai venti e dalle attrazioni del Sole e della Luna, si ridurrebbero all' equilibrio, e vi re-

* V. *Boerhaave*, *Martine*, *Quer* etc.

resterebbero tranquille. Ma le cagioni sempre rinascenti a romper l'equilibrio del calore, non men che l'equilibrio delle acque marine, mantengon questi elementi in un perpetuo ondeggiamento.

II. Alla comune temperatura dell' atmosfera, ogni corpo contiene una considerabil quantità di calore.

Dalle interessanti sperienze sul freddo fatte dal mio dotto amico *Wilson* noi apprendiamo che a Glasgow nell' inverno del 1780 il termometro posto sulla superficie della neve, calò 25° sotto il principio della scala di Farhenheit.

Riferisce *Pallas* che nei deserti della Siberia per un estremo rigor di freddo il mercurio si trovò agghiacciato ne' termometri esposti all' atmosfera, ed agghiacciò pure il mercurio esposto similmente all' aria libera in una tazza scoperta. Ora le decisive sperienze fatte da *Hutchins* alla baja di Hudson provano che il punto della congelazion del mercurio cade a un di presso 40° sotto il zero di Farhenheit. Dunque al tempo dell' osservazione di *Pallas* l' atmosfera nella Siberia dovette esser fredda al grado — 40.

Una relazione recentemente trasmessa alla Società Reale ci fa sapere, che alla baja di Hudson nell' inverno del 1785 il termometro a spirito di vino all' aria aperta calò a — 42°; e che una miscela di neve e d' acido vitriolico rinforzò il freddo di tanto, che lo spirito di vino scese a — 80°, vale a dire 112° sotto il punto della congelazione dell' acqua.

Da tutti questi fatti è palese che alla comune temperatura dell' atmosfera i corpi contengono una notabile quantità di calore. Egli è però manifesto che la quantità di calore insidente in ciascun corpo non può non essere limitata. Ciò è innegabile, qualunque ipotesi ci piaccia adottare intorno la natura del calore, o vogliam riguardarlo come una forza o potenza appartenente ai corpi, o come una sostanza elementare in essi contenuta. Chi riguarda il calore come un elemento, non può supporre che un corpo finito ne contenga una quantità illimitata; e chi riguarda il calore come una forza o potenza, non può ammettere che corpi finiti siano animati da forze infinite.

Un altra prova si può recare di questa stessa verità. E' legge universale che il calore dilata tutti i corpi, tranne alcuni casi, i quali non dan però motivo di ristringere la generalità di questa legge; poichè in questi casi l'azion del calore sviluppa ed espelle un fluido, che prima separava e teneva lontane fra loro le molecole de' corpi. E giacchè il calore dilata i corpi in quelle temperature che cadono sotto la nostra osservazione, è a conchiudere ch' egli fa lo stesso effetto in tutte le altre temperature. Ora si vedrà in appresso che nel mercurio ed in alcuni altri fluidi le dilatazioni sono proporzionali alle quantità di calore introdotte nel corpo; adunque le quantità di calore inerenti ai corpi debbon esser limitate, giacchè un calore infinito cagionerebbe una dilatazione infinita.

Egli

Egli è manifesto che tutti i corpi che hanno la stessa temperatura, mostreranno gli stessi gradi di calor sensibile, se questi gradi si misurano per mezzo del termometro, e si contano dal principio della Scala. Poichè per la prima Proposizione è stabilito che il calore tende a diffondersi equabilmente pei corpi finchè non si riducono alla stessa temperatura. Dunque se a più corpi assolutamente freddi, ossia spogliati affatto di calore, si somministri una data quantità di calore, questa si diffonderà per essi nel modo anzidetto; e se si applica a ciascuno di questi corpi un termometro spoglio anch' esso d' ogni calore, ognuno di essi produrrà in lui un eguale dilatazione: ora questa dilatazione indicherà appunto il calor sensibile acquistato da ciascuno di loro.

III. Se le diverse parti d' uno stesso corpo omogeneo siano ad una comune temperatura, la quantità di calore assoluto contenuta in esse sarà proporzionale al loro volume, o alla loro massa. Così il calore assoluto contenuto in due libbre d' acqua sarà doppio del calore contenuto in una libbra, quando la temperatura sia la stessa.

La natura similare delle particelle d' una sostanza omogenea, solida o fluida, rende questa proposizione evidente. Queste particelle debbon avere uguali potenze, ed uguali capacità per contenere il calore, e però le quantità di calore assoluto contenute in esse saranno proporzionali ai volumi, o alle masse, che in questo caso è lo stesso. Questa verità manifesta dalla semplicità delle operazioni della natura, sarà vieppiù confer-

fermata per induzione dalle nostre sperienze; del che l' attento leggitore s' avvedrà facilmente.

IV. Gli alzamenti o abbassamenti del fluido nel termometro a mercurio sono prossimamente proporzionali alle quantità di calore assoluto introdotte negli stessi corpi omogenei, o da essi sottratte, finchè però questi corpi mantengono la medesima forma. Così la quantità di calore assoluto che si richiede ad alzare di 4° la temperatura d' un corpo indicata dal termometro a mercurio è prossimamente doppia di quella che si richiede ad alzarla di 2°, quadrupla di quella che si richiede ad alzarla di 1°, e così a proporzione.

Fu il celebre *Deluc* il primo a rintracciare le proporzioni che hanno luogo tra gli aumenti di calore d' uno stesso corpo omogeneo, e le dilatazioni corrispondenti di varj fluidi che si usano ne' termometri. Questo dotto fisico stabilì per principio, che se eguali quantità d' acqua calda e d' acqua fredda si mescolano insieme, l' eccesso, o vogliam dir differenza di calore si ripartirà fra loro egualmente. Ne dedusse, che immergendo prima un termometro separatamente nell' acqua calda, e nell' acqua fredda, se i suoi alzamenti sono proporzionali alle quantità di calore, immergendolo appresso nella miscela, egli vi dovrà segnare il grado medio aritmetico, ossia la semidifferenza de' due diversi calori aggiunta al minore, o sottratta dal maggiore. Ora egli trovò che mista una certa quantità d' acqua a gr. 45, 5 di Farh. con eguale quantità d' acqua a gr. 200, 75 il termometro a mercurio immerso nella mi-

scela

scela segnò poco meno del grado medio aritmetico, non essendo il divario che di 2°. L'esperimento ripetuto ad altre temperature ebbe un simile risultato. Egli ne inferì, che il termometro a mercurio è una misura prossimamente accurata del calore.

Siccome gli sperimenti di *Deluc* e le loro conseguenze sono un punto fondamentale nella dottrina del calore, ho voluto ripeterli colla massima diligenza. Ho adoprati termometri a mercurio aventi ogni grado di Farhenheit diviso in 10 parti eguali, e ridotti ad una scala comune, paragonandoli ad un campione molto esatto.

Sperienza I.

L'aria della camera essendo a gr. 61, 5 si riscaldarono libb. 13 onc. $10\frac{1}{2}$ d'acqua in un sottile vaso di latta chiuso esattamente con un coperchio dello stesso metallo avente un termometro inserito nel centro per mezzo d'un turacciolo di sughero. Salita l'acqua alla temperatura che si volle, fu leggermente agitata, affinchè tutte le di lei parti si riducessero a un calore uniforme, e il termometro tuffato in essa segnava precisamente gr. 120, 6. Egual peso d'acqua fredda, le cui parti similmente per mezzo d'una leggera agitazione eransi ridotte ad una temperatura uniforme, si frammischiò colla calda, versandovela sopra.

Ridotta la miscela ad un calor medio coll'agi-

tar-

tarla con una bacchetta di legno, a capo d' un minuto la sua temperatura fu gr. 89, 8; dopo altri sei minuti, continuando sempre l' agitazione, fu gr. 89, 4. Contando gr. 0, 066 per il calore che si dissipò nel primo minuto, avremo gr. 89, 866 per la vera temperatura della miscela al momento dell' immersione. Se il termometro avesse segnato il preciso grado medio aritmetico, ei si sarebbe fermato a gr. 89, 8.

Sperienza II.

L' aria della camera essendo a gr. 62, libb. 12 d' acqua a 59, 9 si mescolarono nella stessa maniera con altrettante a 119, 8. La temperatura della miscela renduta equabile per mezzo dell' agitazione fu dopo un minuto 89, 8. Continuando l' agitazione per quanto si potè equabilmente, dopo altri cinque minuti fu la temperatura 89, 4. Quindi calcolando 0, 08 per il calore dissipato nel primo minuto, avremo 89, 88 per la vera temperatura della miscela. Il grado medio aritmetico esatto sarebbe stato 89, 85.

Sperienza III.

L' aria della camera era a 59; libb. 12 d' acqua a 56, 1 si frammischiarono al solito con altrettante a 156, 25. La temperatura media della miscela fu dopo 1 minuto 106, 1; dopo altri 5 minuti 105, 3. Contando però gr. 0, 16 pel calore perduto nel primo minuto, sarà 106, 26 la vera tem-

temperatura. In questa sperienza ripetuta due volte colla massima cura, e con un risultato prossimamente concorde, il grado medio aritmetico era 106, 2.

In queste tre sperienze la vera temperatura è riuscita alquanto maggiore della media aritmetica. Ma siccome in queste sperienze la miscela si faceva entro il vaso già riscaldato, egli è manifesto che l' eccesso sopra la media aritmetica deve in parte attribuirsi al calore comunicato dal vaso.

Affine di determinare questo calore comunicato dal vaso, si fece la sperienza seguente.

L' aria della camera essendo a 62, si riscaldò il vaso a 136, poi vi si versarono libb. 12 *Avoirdupois* d' acqua a 61, 9. Agitata quest' acqua, fu la temperatura dopo 1 minuto 62, 7; dopo 2 minuti 62, 8. Il vaso di latta erasi scaldato nel modo seguente. Si rinchiuse in un simil vaso di tal forma e grandezza, che le superficie de' due vasi eran quasi in contatto. Ambedue furon posti in un ampio tino, e circondati d' acqua a 136; l' accesso dell' aria esterna era tolto mediante un ampio tegame che ricopriva il tutto, e che conteneva dell' acqua riscaldata quasi alla medesima temperatura. Così il vaso di latta era tutto attorniato dall' acqua calda, e ne riceveva un calore uniforme, senza essere però in contatto colla medesima.

Apparisce da questo esperimento che il vaso fu raffreddato di gr. 73, 2 e che l' acqua fu riscaldata di gr. 0, 9. E poichè l' acqua ricevè questo calore dal vaso, egli è manifesto che la stessa quan-

quantità di calore che cangia di gr. 0, 9 la temperatura di dodici libbre d' acqua, cangia di gr. 73, 2 la temperatura del vaso. E così in proporzione quella quantità di calore che alza la temperatura dell' acqua d' un grado, è capace di alzar quella del vaso di gr. 81, 4. Se dunque in qualche sperimento noi troveremo che dodici libbre d' acqua hanno tolto al vaso gr. 81, 4 di calore, noi potremo conchiuderne che quel calore ha rialzata la temperatura dell' acqua di un grado. Di quì ci faremo strada a determinare il calore che nelle tre precedenti sperienze il vaso comunicò all' acqua.

Nella Sperienza III. il calore dell' acqua calda e del vaso era 156, 25; la vera temperatura del misto fu 106, 26. L' affusione dell' acqua fredda scemò dunque la temperatura del vaso di 49, 99. A determinare l' accrescimento che questo calore portò nella temperatura dell' acqua calda, faremo la seguente proporzione; se gr. 81, 4 danno 1; gradi 49, 99 quanto daranno? Risulterà 0, 61 e tanto sarà il calore che l' acqua ricevette dal vaso. Sottraendolo da 106, 26 vera temperatura del misto, sarà 105, 65 la temperatura che il termometro avrebbe marcata, se il vaso non avesse comunicato punto di calore. Il difetto dalla temperatura media aritmetica è in questa sperienza di 0, 55 *.

Nella Sperienza I. il vaso si raffreddò di gr. 30, 734. A scoprir quanto di calore l' acqua fredda ricevette dal vaso, fate se gr. 81, 4 danno 1,

* Vedi in fine l' Appendice al num. VIII.

che daranno gr. 30, 734? Avrete il calore provenuto dal vaso gr. 0, 377; che detratto dalla temperatura vera 89, 866 darà 89, 489 temperatura che si sarebbe manifestata senza il calore compartito dal vaso.

Nella Sperienza II. per simil guisa si troverà, che la temperatura corretta dall' influenza del calore comunicato dal vaso riesce 89, 513. Però nella Sper. I. havvi un difetto dalla media aritmetica di 0, 311; nella Sper. II. di 0, 337.

Sperienza IV.

Aria della camera alla temperatura - 54
Libbre otto d' acqua a - - - - - - - - 52, 4
Mescolate con altrettante a - - - - - 81, 9
Temperatura della miscela
dopo un minuto - - - - - - - - - 67, 1 +
tre minuti - - - - - - - - - 67, 1
Media aritmetica - - - - - - - - - - - 67, 15

Nella Sper. III. la quantità dell' acqua fu di libb. 12, e il calore ricevuto dal vaso fu gr. 0, 61. Per trovare quanto calor si sarebbe ricevuto se la quantità dell' acqua non fosse stata che di libb. 8, fate come 12 a 0, 61 così reciprocamente 8 al quarto proporzionale: questo riescirà 0, 91 e sarà il calore che il vaso avrebbe comunicato ad otto libbre d' acqua.

Ma nella stessa Sper. III. il vaso fu raffreddato per l' affusione dell' acqua di pressoche 50°, laddove in questa sperienza non si è raffreddato che di gr. 15. Direte dunque come 50 a 15 così 0,

91 al quarto, e risulterà 0, 27; calore che realmente il vaso ha comunicato all'acqua.

La temperatura vera è stata 67, 15; e tale pur era l'esatta media aritmetica. Quindi abbiamo quì pure un difetto di 0, 27 dalla media aritmetica.

Sperienza V.

Otto libbre d'acqua a - - - - - - - - 98, 8
Mescolate con sedici libbre d'acqua a 54, 6
La miscela fu dopo un minuto a - - 69, 1 +
cinque minuti - - - - 69 +

Dicendo che la temperatura del misto fu di 69, 1 + intendiamo che l'eccesso di questa temperatura sopra 69 è poco maggiore di $\frac{1}{10}$. Nel qual caso possiam suppor quest' eccesso di $\frac{1}{10}$ più $\frac{1}{20}$, e riguardar la temperatura suddetta, come di 69, 15. Quindi valutando ad $\frac{1}{50}$ di grado il calor dissipato nel primo minuto, avremo la vera temperatura di 69, 17.

Dal calore del vaso 98, 8 levate la vera temperatura 69, 17; avrete 29, 63 calore perduto dal vaso. A determinare di quanto questo calore accrebbe la temperatura dell'acqua calda, faremo come 81, 4 ad 1 così 29, 63 al quarto 0, 36 che sarà il calore che il vaso avrebbe comunicato a dodici libbre d'acqua. Ma l'acqua fredda era quì in peso di libbre sedici; faremo dunque come 12 a 0, 36 così reciprocamente 16 al quarto.

to. Riuscirà di 0, 27 il calore che il vaso diede all' acqua; che tolto dalla vera temperatura, darà 68, 9 per la temperatura corretta dall' influenza del calore del vaso.

La differenza tra le temperature dell' acqua calda e fredda, era 44, 2. La quantità dell' acqua fredda era doppia di quella dell' acqua calda. Dividendo adunque la differenza tra le temperature in tre parti eguali, se la capacità dell' acqua è costante, e se il termometro a mercurio è un accurata misura del calore, conviene che l' acqua calda si raffreddi per due di queste parti, e l' acqua fredda si riscaldi per una. Ossia che la temperatura della miscela riesca di 69, 3. Ora si è mostrato che rimosso il calore del vaso, la temperatura segnata dal termometro non fu che 68, 9.

Sperienza VI.

Otto libbre d' acqua a - - - - - - - - - 120, 8
Mescolate con sedici libbre a - - - - - 51, 8
Temperatura della miscela - - - - - - - 75

Il calore comunicato dal vaso trovasi in questa Sperienza 0, 42. Prescindendo adunque dall' influenza di questo calore, la temperatura segnata dal termometro sarebbe stata 74, 58. La temperatura media era 74, 8.

O sian dunque eguali o diseguali le dosi d' acqua calda e fredda che si frammischiano, le temperature indicate dal termometro a mercurio corrispondono assai prossimamente alle calcolate.

Volli in seguito ricercare per mezzo di analo-

ghi

ghi esperimenti, se la stessa legge abbia luogo quando eguali quantità d'olio di semi di lino si frammischiano a diverse temperature.

Sperienza VII.

Aria della camera a 56
Dieci libbre d'olio di lino a 145
Mescolate con altrettante a 55, 5
La temperatura del misto
in un minuto fu 101, 7
due 101, 5
tre 101, 3
quattro 101, 1
cinque 100, 9

In questa sperienza convenne porre gran cura che il calore si spargesse uniforme per l'olio, e prima, e dopo la miscela. Poichè quando l'olio si riscalda, le particelle più calde tendono a salire a galla assai più che non fanno le particelle dell'acqua similmente riscaldate. Quindi ci volle un agitazione gagliarda affine di render equabile la distribuzion del calore.

Se si calcola 0, 2 il calore dissipato nel primo minuto, la temperatura vera della miscela sarà 101, 9. Quindi l'acqua calda ed il vaso si raffreddarono di gr. 43, 1 essendosi fatta la miscela nel vaso contenente l'olio più caldo. Questo vaso era lo stesso che avea servito alle precedenti sperienze.

La capacità dell'acqua è a quella dell'olio prossimamente come 2 ad 1. Quindi se gr. 81, 4 di

calore levati al vaso alzan la temperatura di un dato peso d' acqua d' un grado, essi alzeranno quella d' un egual peso d' olio due gradi.

Ora nella nostra sperienza furono levati al vaso gr. 43, 1. A scoprir quale alzamento di temperatura questo calore indusse nell' olio, faccio 81, 4 a 2, come 43, 1 al quarto, il che mi dà un grado incirca per il calore che il vaso avrebbe indotto in libb. 12 d' olio di lino, e per conseguenza il calore indotto in libb. 10 fu prossimamente 1, 2. Quindi abbiamo 100, 7 per la temperatura che il termometro avrebbe indicata senza l' intervento del calore del vaso. La precisa media aritmetica era 100, 2.

La sperienza fu ripetuta tre volte colla più scrupolosa attenzione; il risultato medio fu sempre un eccesso di 0, 5 della temperatura mostrata dal termometro sopra la media aritmetica.

Di questo divario deesi forse incolpare in parte la tendenza che hanno le particelle dell' olio riscaldate a salire a galla, onde diveniva difficile il render uniforme il calore di tutte le parti, ed osservare la temperatura media: e quindi è che i risultati delle diverse sperienze non si ponno ridurre ad accordarsi tra loro sì bene come nelle sperienze fatte coll' acqua. Tuttavia se vogliam prenderle per esatte, e riguardare il termometro come giusta misura del calore, converrà dire che la capacità dell' olio di lino cresce alquanto al crescere della temperatura.

Avrà il lettore osservato nelle sperienze fatte coll' acqua, col mescolarne uguali porzioni diver-

samente riscaldate, che la temperatura del misto indicata dal termometro a mercurio, riuscì sempre alquanto minore della media aritmetica.

Questa irregolarità trasse *Deluc* a conchiudere che i ristringimenti del mercurio camminano in maggior proporzione che non fanno le diminuzioni del calore ne' corpi. Che per esempio una doppia diminuzion di calore produce nel mercurio un ristringimento più che doppio; una tripla diminuzione induce un ristringimento più che triplo. Ciò posto, deve appunto il mercurio nelle descritte sperienze segnar meno della media aritmetica.

Ma lo stesso Autore ha poi osservato, in una lettera di cui egli mi onorò qualche tempo fa, che tali sperienze non possono condurci a stabilir con certezza la proporzione tra le dilatazioni del mercurio e gli accrescimenti del calore. Poichè quando noi da tali sperienze rileviam la corrispondenza tra le espansioni del mercurio e gli accrescimenti del calore, noi prendiam per supposto che la capacità dell' acqua rimanga inalterata in tutte le temperature intermedie fra il gelo e il bollore. Or questa non è cosa da ammettersi senza prove.

Che anzi, quand' anche il mercurio avesse segnata la precisa media aritmetica, noi non potremmo dedurne con sicurezza che le sue dilatazioni siano proporzionali agl' incrementi di calore. Poichè potrebbe dubitarsi che al cangiar della temperatura seguano tali alterazioni e nella capacità dell' acqua, e nelle dilatazioni del mercurio, che il

fenomeno abbia luogo benissimo, quantunque le dilatazioni del mercurio e gl'incrementi di calore non siano proporzionali. Se mai p. e. eguali accrescimenti di calore producessero diseguali aumenti di capacità nell' acqua, ed eguali diminuzioni di calore producessero diseguali ristringimenti nel mercurio, queste contrarie irregolarità potrebbero compensarsi e bilanciarsi in modo, che il termometro a mercurio tuffato in una miscela d' eguali quantità d' acqua calda e d' acqua fredda, segnasse appunto il grado medio aritmetico *.

Giacchè dunque simili sperienze non son decisive, ho tentato di ricercare la relazione tra le dilatazioni del mercurio e gli accrescimenti del calore per altro mezzo meno soggetto ad eccezioni.

Nelle mie molte sperienze sul calore ho osservato, che facendo scorrere il vapore dell' acqua bollente in una corrente continua per un tubo di qualunque lunghezza e dimensione, ogni parte di questo tubo prende la temperatura dell' acqua bollente. Di più se un tubo parte da un vaso coperto che contenga acqua bollente, e va a terminare in un altro vaso coperto che abbia due piccoli fori per cui possa il vapore entrare ed uscire, ogni parte di quest' ultimo vaso mantiene la temperatura dell' acqua bollente, purchè il vapore s' introduca in tale quantità che una porzione di esso sfugga non condensata. Questa osservazione mi suggerì l' idea d' accoppiare i due punti del gelo e dell' acqua bollente così che ne risultasse una temperatura media e costante. A

quest'

* Vedi l' Appendice al num. VII.

quest' oggetto immaginai l'apparato seguente. *V. Tav. I. fig. 1.*

A C rappresenta un vaso doppio composto di due cilindri *A B C D*, *l m n o*, congiunti tra loro per di sopra in *l o*; lo spazio intermedio ai due cilindri è tutto chiuso, tranne i due fori *C*, e *B*, il primo de' quali dà l'ingresso al vapore dell' acqua bollente, l'altro gli concede lo sfogo.

Sono dunque in questo vaso due spazj separati; uno è l'intervallo fra i due cilindri, l'altro è lo spazio chiuso nel cilindro interno che è aperto al di sopra in *l o*, e chiuso nel fondo *m n*. Dall' acqua bollente nel vaso *G H* passa il vapore pel tubo *G C* nell'intervallo dei due cilindri che forma lo spazio esterno, e ne mantiene ogni parte alla temperatura dell' acqua bollente, finchè qualche porzion di vapore non condensato esce dal tubetto *B*.

Sopra il vaso *A C* posa inverso un altro vaso doppio *E D*, composto esso pure di due cilindri, esterno *E A D F*, ed interno *r p s q*, uniti per di sotto in *p q*. Questo vaso ha due divisioni anch' esso; l'una esterna è formata dall' intervallo de' due cilindri, che è aperto al di sopra in *E F*; l' altra interna è lo spazio chiuso nel cilindro interno, il quale essendo chiuso per di sopra in *r s* ed aperto per di sotto comunica colla divisione interna del vaso inferiore. La divisione esterna del vaso superiore si riempie di ghiaccio pesto, il qual viene però applicato a tutto il di fuori del cilindro interno non meno che al suo fondo *r s*, introducendosene tal copia che riempie affatto tutto lo spazio *e p r s q f*.

I due cilindri interni *l m n o*, *p r q s* sono di eguale grandezza. Ad oggetto d' interrompere la troppo sollecita comunicazion del calore, tra i due vasi superiore ed inferiore si frappone un sottil pezzo annulare di sughero, su cui posa il vaso superiore, e che ha un apertura eguale al diametro della divisione interna.

Il cilindro esterno *A E F D* del vaso superiore vien giù fino ai punti *A*, *D*; siccome questo cilindro è più largo che non è l'inferiore, così questa continuazione forma una cavità, la quale si riempie di gesso, e i due vasi vengon per tal modo stabilmente connessi. Per un foro aperto nel sughero frapposto ai due vasi passa un piccol tubo, un estremità del quale sbocca al punto *o* nella divisione formata dai cilindri interni; e l'altra estremità attraversando il gesso passa un poco oltre il cilindro esterno del vaso superiore. E' inserito in questo tubo un termometro *t v*, che porta il mercurio in un sottile cilindro lungo incirca quant' è il diametro della divisione interiore.

Siccome i cilindri interni sono eguali in grandezza; siccome il vaso inferiore è mantenuto in tutte le sue parti al segno dell' acqua bollente, e il superiore al segno del gelo; si può conchiudere che il termometro *t v* che passa orizontalmente pel centro dello spazio intermedio tra i due cilindri, e che trovasi però esposto ad eguali superficie, l' una a 32°, l' altra a 212°, dee concepir precisamente il grado di calore medio aritmetico tra questi due; e se il termometro segnerà per appunto questo grado medio, potremo conchiu-

chiudere che la dilatazione è proporzionale al calore.

Il vaso avente la temperatura 32° si è sovrapposto all' altro avente la temperatura 212° per facilitare l' uniforme distribuzion del calore, scendendo l' aria fredda dall' alto, e così mescendosi intimamente coll' aria calda tendente a salire *.

Qual

* Per un artificio simile a questo su cui è stata ideata la macchina qui descritta, ho costrutto un altro apparato per cui ottengo temperature costanti a qualunque grado intermedio fra il ghiaccio e l' ebullizione. Quest' apparato al pari del precedente è composto di due vasi doppj uno collocato inverso sopra dell' altro, il superiore mantenuto a 32° per mezzo del ghiaccio pesto, l' inferiore a 212° per mezzo del vapore dell' acqua bollente. I cilindri interni di questi vasi sono d' ottone; ciascun d' essi porta uno stantuffo duttile; lo stantuffo inserito nel cilindro superiore è mantenuto a 32°, quello inserito nel cilindro inferiore a 212°. E' chiaro che cangiando le posizioni degli stantuffi, si possan variare a piacere le proporzioni tra le superficie interposte tra essi, che sono rispettivamente a 32°, e a 212°.

Quando entrambi gli stantuffi si son condotti all' estremità superiore de' loro rispettivi cilindri, noi abbiamo allora tutto il cilindro superiore che è a 32° esposto all' azione dello stantuffo inferiore che è a 212°. Se vogliamo avere un grado più basso di calore, si possono introdurre orizontalmente al fondo del cilindro superiore due piatti di rame aventi la temperatura di 32°, e farli scorrere gradatamente l' uno incontro l' altro sopra la superficie dello stantuffo inferiore, finchè s' incontrano. Ognuno di questi piatti dovrebbe consistere in due lastre parallele poco distanti fra loro, congiunte per mezzo di cavicchie alle estremità, e il loro intervallo dovrebbe riempiersi di ghiaccio pesto, all' oggetto di conservar loro la temperatura fissa di 32°. Per tal modo il cilindro superiore sarebbe esposto ad una porzion della superficie

Qual relazione tra le dilatazioni del mercurio e gli accrescimenti di calore si rilevasse per mezzo di quest' apparato, apparirà dalla seguente sperienza.

Sperienza VIII.

S' introdusse nell' apparato il termometro cilindrico a mercurio descritto quì sopra, e si fece in modo che il punto di mezzo del cilindro che conteneva il mercurio coincidesse al possibile col centro dello spazio compreso tra i cilindri interni.

Allora la divisione esterna del vaso superiore si riempì di neve a 32°, e quella del vaso inferiore per mezzo del vapore dell' acqua bollente si fe salire a 212°. Il termometro salì assai presto a 121°, ed ivi si tenne immobile per 15 minuti, che tanto durò l' esperimento. Al tempo dell' esperienza il barometro fu a poll. 29, 6. Il punto dell' acqua bollente del termometro s' era preso stando il barometro a poll. 30.

Nella Sperienza III. l' aberrazion del mercurio dal

cie dello stantuffo inferiore tanto più piccola, quanto più i due piatti s' avvicinano. E quando i suddetti piatti s' incontrano, l' aria compresa nel cilindro superiore è ridotta al punto della congelazione, essendo tutta attorniata da superficie aventi la temperatura di 32°. Per un simile artificio si può alzare l' aria del cilindro inferiore per una gradazion regolare fino alla temperatura 212°.

Dietro gli stessi principj, usando dei punti di congelazione e di ebullizione d' altre sostanze, si posson costruir delle macchine atte a presentare dei gradi fissi e permanenti di calore, per una scala molto più ampia di quella a cui s' estende l' apparato fin quì descritto.

dal punto medio fu 0, 55; il divario delle temperature tra l' acqua calda e la fredda prima della miscela era stato incirca gr. 100. Quindi possiamo dedurre, che se il divario delle temperature fosse stato 180, l' aberrazione sarebbe stata 0, 99; il che s' accorda assai da vicino col risultato di quest' ultimo esperimento.

Nel ripetere questa Sperienza rendendo disuguali le superficie, si trovò che il calor centrale non variava in proporzione esatta delle superficie; e che l' effetto della superficie più piccola sorpassava in proporzione quello della più grande. Così quando la superficie fredda a 32 fu scemata fino a divenir la metà della superficie calda a 212, il calor centrale crebbe veramente, come era naturale, ma il suo accrescimento fu minore che non fu il scemamento della superficie fredda. Al contrario quando la superficie a 212 fu scemata fino alla metà della superficie a 32, la diminuzione del calor centrale fu minore che non fu la diminuzione della superficie calda. La ragione sembra esser questa, che le due superficie superiore ed inferiore, possono più a riscaldare o raffreddar l' aria interclusa, che non possono le superficie laterali. Ho trovato per esperienza, che una corrente d' aria calda sale continuamente lungo le superficie laterali, ed una contraria corrente d' aria fredda scende giù per il mezzo; e la forza con cui queste correnti sono spinte contro le superficie superiore ed inferiore, moltiplicando i punti di contatto, accresce la facoltà di scaldare e di raffreddare. Ora nelle nostre

spe-

sperienze l'ampiezza del vaso si diminuiva coll' accorciarne le pareti laterali; quindi le altezze perpendicolari dei due vasi divenivano disuguali, ma la loro larghezza rimanea la medesima; le superficie superiore ed inferiore che esercitano la maggiore influenza nel riscaldamento o raffreddamento rimanevano eguali, e perciò il calore non potea variare in proporzione dell' ampiezza dei vasi. Aggiungasi che la facoltà della superficie più fredda a raffreddar l' ambiente trovasi in pari circostanze alquanto maggiore della facoltà della superficie più calda a riscaldarlo. Egli è difficile l' assegnar la cagione di questo divario; ma qualunque ella sia, ne conduce alla seguente illazione. Se in pari circostanze, quando le superficie son diseguali, è maggior l' influenza della più fredda che non è quella della più calda, ne segue, che se le due superficie si pareggino, l' effetto della più fredda sopra i punti intermedj non sarà mai minore di quello della più calda. Dal che possiamo argomentar con certezza, che quando entrambe le superficie sono eguali, il calor reale applicato al termometro che passa orizontalmente pel centro dell' apparato non sarà mai maggiore del vero medio aritmetico tra i punti del gelo e dell' ebullizione.

Ben potrebbe essere alcun poco minore: giacchè può essere che la facoltà di raffreddare che ha il ghiaccio nello squagliarsi, sia maggiore della facoltà di riscaldare che ha il vapore nel condensarsi. Quand' anche però questa cagione possa produrre qualche divario, esso non può essere che piccolissimo. Infatti affinchè due sostan-

ze trasmettano il calore disegualmente, egli è necessario, o che siano disuguali le loro grandezze, le loro facoltà conduttrici, o capacità; o che siano disuguali le differenze che passano fra i loro calori e quelli delle sostanze con cui esse sono al contatto. Nel nostro caso passa il calore dal vapore al ghiaccio per sostanze di eguali grandezze, capacità, e facoltà conduttrici. Dunque se vogliam pur dire che il calore siasi trasmesso disegualmente, converrà supporre che la differenza di temperatura tra il cilindro superiore ed il ghiaccio fosse maggiore o minore della differennza di temperatura tra il cilindro inferiore ed il vapore. Vale a dire, che il cilindro superiore fosse più o men raffreddato dal ghiaccio di quello che il cilindro inferiore fosse riscaldato dal vapore. Or quì siccome i cilindri sono ottimi conduttori del calore, e siccome trovansi in pieno contatto col vapore e col ghiaccio le cui temperature sono invariabili, egli è pur chiaro che essi debbono aver acquistate assai prossimamente le rispettive temperature di 32, e 212. Ad onta di queste riflessioni se pur vogliamo supporre nel ghiaccio maggior facoltà di raffreddare, ed immaginiamo però che la differenza tra la sua temperatura e quella del cilindro superiore fosse di mezzo grado minore della differenza tra la temperatura del vapore e quella del cilindro inferiore, questo divario non può ridurre il calor centrale che ad un quarto di grado al disotto del medio aritmetico.

Il termometro nella nostra sperienza fermossi a 121, vale a dire un grado sotto il punto medio

dio aritmetico. Si è provato che il vero calor centrale non potè esser maggiore del medio aritmetico; si è provato ancora ch' egli non potè esser minore del medio aritmetico che al più d' un quarto di grado. Conchiuderem dunque che nel nostro esperimento l' aberrazion del termometro dal calor reale non fu maggiore di un grado, nè minore di tre quarti di grado.

Convien quì osservare che il punto dell' ebullizione nel termometro cilindrico che servì a questa sperienza si prese stando il barometro a poll. 30, col sommerger nell' acqua bollente il cilindro, e un piccol tratto del tubo. Ora se noi supponghiamo che le dilatazioni del mercurio siano esattamente proporzionali ai calori, egli è manifesto che in un termometro graduato così, gli alzamenti del mercurio debbon camminare in minor proporzione che non fanno gli accrescimenti del calore. Rendesi ciò evidente dalle sperienze ed osservazioni riferite nell' eccellente Memoria di *Cavendish* sulla graduazion de' Termometri *. In fatti prendasi un termometro graduato così, e s' immerga in un catino d' acqua a 32, l' aria della camera essendo pure a 32; e s' immerga di tanto che il livello dell' acqua rada per appunto il grado 32 del termometro. Ora tenendo fermo il termometro in quella positura, s' aumenti gradatamente la temperatura dell' acqua, una porzion del mercurio sorgerà sopra il livello, e restando così esposta all' influenza dell' aria, la cui temperatura non s' è punto accresciuta, quest' influenza diminuirà

* Transazioni Filosofiche, Vol. LXVI. pag. 380.

nuirà la sua naturale dilatazione. Siasi per esempio portata la temperatura dell' acqua a 33, restando l' aria a 32: egli è manifesto che il mercurio, il quale salendo oltre il livello si è esposto all' influenza dell' aria, sarà men dilatato che non sarebbe se tutto fosse sommerso sott' acqua *.

Crescendo la differenza tra le temperature dell' acqua e dell' aria, crescerà ancora la diminuzione che l' aria induce nella porzion del mercurio esposta alla sua influenza. Quindi quanto più s' alza il termometro, tanto maggiore in proporzione debb' essere il calore introdotto nell' acqua, affin di produrre eguali alzamenti nel mercurio. Gli alzamenti adunque del mercurio cresceranno in proporzion minore, che non fanno gl' incrementi del calore.

Coerentemente a questa giustissima osservazione ho trovato, che quando il termometro usato in questa sperienza era tutto attorniato dal vapore secondo il metodo prescritto da *Cavendish*, il mercurio saliva circa di gr. 1, 75 al di sopra del punto dell' ebullizione preso col metodo comune. E lo stesso termometro posto alla divisione intermedia tra i punti dell' ebullizione e del gelo, si tenne circa un grado più basso d' un altro termometro graduato secondo il metodo di *Cavendish*, che era stato interamente immerso nell' acqua.

Tenendo conto di questa aberrazione noi troveremo che nella Sperienza VIII. il termometro a mercurio segnò assai prossimamente il grado medio aritmetico.

* V. Transaz. Fil. Vol. LXVII. pag. 516. *Rapporto della Commissione sopra la correzion de' Termometri.*

I termometri che servirono alle altre sperienze fatte colla miscela dell' acqua calda e fredda, erano stati ridotti alla medesima scala confrontandoli con un campione, il quale anch' esso al pari di quello che servì alla Sperienza VIII. aveva il punto dell' acqua bollente preso stando il barometro a poll. 30, tuffato sott' acqua il bulbo e piccola parte del tubo. Or tali termometri, come abbiam veduto, debbon camminare nei loro alzamenti in proporzion minore che non fanno i reali accrescimenti di calore. Egli è per questa ragione che il termometro immerso nella miscela si tenne alquanto più basso del medio aritmetico. Corretto quest' errore, si trova anche in queste sperienze indicato con moltissima approssimazione il preciso medio aritmetico.

Nelle sperienze sul calore de' fluidi si potrebbe prevenire affatto l' aberrazione quì indicata col graduare il termometro secondo la regola di *Cavendish*, e coll' immergerlo in ciaschedun esperimento ad una profondità eguale all' alzamento del mercurio. Ma questo metodo in molte sperienze trae seco gravi inconvenienti, ed in alcune è affatto impraticabile. Che se il termometro sia graduato al modo di *Cavendish*, e non s' immerga poi del tutto fino al livello del mercurio rialzato, l' errore in vece di togliersi crescerà; il termometro si terrà al di sotto del calor vero più che non farebbe un termometro comune.

Perciò nelle sperienze nelle quali questa totale immersione è incomoda o impraticabile, sembra miglior partito l' adoperare un termometro gradua-

duato alla maniera comune, ma nello stesso tempo segnare in questo termometro anche il punto d' ebullizione che si trova colla regola di *Cavendish*. E così, come ne ha insegnato questo fisico, formar si potrebbe una scala degli errori, per mezzo della quale potremmo accostarci assai da presso alla verità. Egli è vero che acciò questa scala degli errori servisse perfettamente, converrebbe che in tutte le sperienze il termometro s' immergesse alla stessa profondità, e che l' atmosfera avesse la medesima temperatura che ebbe al momento in cui fu determinato da principio il punto dell' ebullizione. Ma le inesattezze prodotte dalla mutazion di temperatura nell' aria sono di pochissimo momento, a meno che la sperienza si facesse ne' sommi freddi, o ne' sommi caldi, e si può sempre formare una seconda scala di questi nuovi errori, da usarsi per quelle sperienze che richiedessero la massima accuratezza.

Paragonando il risultato delle mie sperienze con quello che si deduce dalle sperienze di *Deluc* sullo stesso argomento, vi si riscontra un divario di circa due gradi.

Secondo questo fisico il termometro a mercurio quand' è investito del calor medio aritmetico tra il gelo e il bollore, si ferma a gr. 38, 6 della sua scala, che corrispondono a gr. 118, 85 di Farhenheit. Secondo le sperienze nostre, ei si ferma a gr. 121. Non è facile ad accertare la ragion del divario. Confessa però lo stesso *Deluc* che la vera aberrazione dal grado medio aritmetico non deve esser sì grande quale apparisce

dalle sue sperienze, e dubita di qualche errore originato dall' evaporazione dell' acqua riscaldata, e dal non aver tenuto conto, fuorchè in una sola sperienza, del raffreddamento cagionato dall' aria esterna. Nelle mie sperienze fatte colla miscela dell' acqua calda e fredda, ho avuto particolare avvertenza a queste circostanze; e siccome i miei termometri eran fatti con molta cura, e ridotti ad una scala comune confrontandoli con un campione accurato, io non posso a meno di tenere per assai prossimi al vero i risultati delle medesime. Molto mi conferma in questa sicurezza la loro coerenza colla Sperienza VIII. fatta in un modo sì diverso, e così esente da sospetto d' errore.

La sperienza che segue ha per oggetto di determinare la relazione tra le dilatazioni dell' *acqua*, e gl' incrementi del calore, servendosi dell' apparato medesimo della sperienza precedente.

Sperienza IX.

S' introdusse nell' apparato un termometro ad acqua, in cui l' acqua era rinchiusa in un sottil tubo appianato, e si fe coincidere il centro del tubo col centro dello spazio compreso fra i cilindri interni, appunto come nella sperienza precedente. In pochi minuti salì l' acqua a 78, e vi si tenne immobile.

A costruire questo termometro fu scelto un tubo di grossezza a un di presso uniforme, e si ebbe attenzione di compensare nelle divisioni del-

la scala le piccole inegualità che vi si trovavano. L'acqua fu spogliata dell'aria che conteneva prima d'introdurla nel tubo, acciò potesse concepir la temperatura di gr. 212. Il punto dell'ebullizione fu trovato stando il barometro a poll. 30, e quel della congelazione si prese tuffando il termometro nell'acqua alla temperatura di 32.

Il risultato di questa sperienza s'accorda assai bene con una di *Deluc* sullo stesso argomento. Nella sperienza di *Deluc* quando il termometro a mercurio si fermò a 40° della sua scala, che valgono gr. 122 di Far. quello ad acqua si fermò a 20, 5 della sua scala, ossia 78, 125 di Farhenheit.

Dalla Sperienza VIII. apparisce che quando il termometro a mercurio è investito dal calore medio tra i punti della congelazione e della ebullizione dell'acqua, egli segna assai da vicino il medio aritmetico. E quindi possiam conchiudere con grandissima probabilità, che le dilatazioni del mercurio sono proporzionali agli accrescimenti di calore, e che per conseguenza il termometro a mercurio è una giusta misura del calore. Illazione confermata sempre più dalla congruenza di questo esperimento cogli altri fatti colla miscela dell'acqua calda colla fredda. Per lo contrario la Sperienza IX. ne fa vedere che le dilatazioni dell'acqua non si proporzionano agl' incrementi del calore, giacchè in questa sperienza si ha un divario di 44° di Farh. dal punto medio aritmetico tra il gelo e l'ebullizione.

V. Finchè un corpo mantiene la medesima for-

ma, la sua capacità per contenere il calore rimane a un di presso costante.

La capacità d' un corpo è costante, qualora la stessa quantità di calore assoluto che lo alza di uno o due gradi (misurandoli per mezzo d' un termometro equabile) in una data temperatura, lo alzerebbe ugualmente in una qualunque altra temperatura. Al contrario la capacità cresce o diminuisce, allor quando cangiandosi la temperatura conviene aggiungere al corpo maggiore o minor quantità di calore ad effetto di ottenere il medesimo alzamento nel termometro.

La Sperienza VIII. ne ha assicurato che il termometro a mercurio misura assai giustamente il calore: e le altre sperienze fatte col mescolare eguali dosi d' acqua a diverse temperature hanno mostrato che in tal mescolanza il termometro segna prossimamente la temperatura media aritmetica. Or da ciò segue che la capacità dell' acqua è costante in tutte le temperature intermedie fra il gelo e il bollore. Imperocchè se crescendo il calor sensibile, la capacità dell' acqua crescesse, un termometro equabile in siffatte sperienze segnerebbe *più* del grado medio aritmetico; e se la capacità scemasse, segnerebbe *menò*. Questa verità sarà dimostrata nelle seguenti Proposizioni.

Proposizione I.

Mescolando fra loro due quantità eguali dello stesso fluido a diverse temperature, il calore si ripartirà fra esse ugualmente: vale a dire il fluido

più

più caldo cederà al più freddo la semidifferenza de' due diversi calori.

Questa proposizione è a provare in tre diversi supposti. 1. O al crescere della temperatura la capacità del fluido cresce continuamente, o continuamente scema. 2. O essa alternativamente cresce, poi scema. 3. O finalmente la capacità resta costante a qualunque temperatura, fintantochè il fluido conserva la stessa forma *.

Primo caso. Siano *A*, *B* due masse eguali d' un fluido la cui capacità si supponga crescer continuamente al crescere della temperatura. Abbia la massa *A* temperatura più alta che la massa *B*. Dico che se *A*, e *B* si frammischino, così che sian portate a una comune temperatura, la massa *A* comunicherà alla massa *B* la metà dell' eccesso del suo calore sopra il calore di *B*.

Le temperature di *A*, e di *B* si esprimano colle rette *C A*, *L M* (*Tav. I. fig. 2, e 3.*) Le ordinate

* Ne' due primi casi io suppongo che la variazione della capacità sia continua, e per gradi. Potrebbe essere tuttavia che la capacità d' un corpo variasse per salto al crescere della temperatura. Così il Dr. *Irvine* ha provato che giunta al punto dell' ebullizione l' acqua subisce un cangiamento istantaneo di capacità al momento di convertirsi in vapore. Ciò non ostante, il supposto d' una istantanea alterazione di capacità quì non potrebbe aver luogo: giacchè qualunque volta le capacità de' corpi si cangian per salto al cangiar le temperature, si trova che quei corpi subiscono allora un alterazione di forma, come il mostrano le scoperte del soprallodato Autore. Quindi se la temperatura si altera rimanendo tuttavia inalterata la forma del corpo, convien dire che la capacità o sia costante, o cresca ovvero scemi per gradi continui.

te uv, wx, yz, ed ab, cd, ef rappresentino le capacità corrispondenti alle diverse temperature, così che le capacità nel punto della total privazione di calore siano espresse dalle rette BC, KL. Per tutte le estremità delle ordinate si faccian passare le linee BG, KI.

Abbiam già stabilito che le quantità di calore assoluto contenute ne' corpi sono proporzionali ai rettangoli delle capacità e delle temperature contate dal punto della total privazione di calore. Giacchè dunque le temperature sono rappresentate dalle rette CH, LM, e le capacità dalle rette HG, MI, i calori assoluti saranno espressi dai rettangoli HR, MQ. Mescolati fra loro i corpi, e ridotti ad una comune temperatura, supponghiamo che il calore di A sia scemato della figura HER, e quel di B cresciuto della figura OIP: giacchè il calore tolto ad A è appunto quello che s' è aggiunto a B, egli è evidente che HER sarà eguale ad OIP. Ora dal numero III. egli è chiaro che ridotte le due masse A, B ad una comune temperatura, esse contengono eguali quantità di calore assoluto. Dunque la figura $FCSE$ è eguale alla figura $OLPN$. Per la stessa ragione la figura DT è uguale alla figura MQ; onde segue che il residuo OIP o HER è uguale al residuo FAS. Che è quanto dire, A comunica a B la metà dell' eccesso del suo calore sopra il calor primiero della massa B *.

Se

* In questa dimostrazione si prende per supposto che niuna parte del calore che i corpi assorbiscono in grazia dell' aumentata capacità si combini chimicamente coi corpi medesimi.

L' opi-

Se dunque la capacità del fluido crescerà continuamente al crescere della temperatura, egli è provato che mescolando due masse eguali di questo fluido a temperature diverse, la più calda cederà alla più fredda la metà del suo calore eccessivo.

Nella stessa maniera si proverebbe che se la capacità del fluido scema continuamente al crescere della temperatura, mescolandone due masse eguali a temperature diverse, il calore si ripartirà tra esse ugualmente.

Se la capacità del fluido cresce e cala alternativamente al crescer della temperatura, che è il secondo caso, la linea che passa per gli estremi delle ordinate rappresentanti le capacità sarà una linea flessuosa. E se la capacità del fluido è costante, che è il caso terzo, essa sarà una linea retta. Del resto la dimostrazione addotta pel primo caso si estende nello stesso modo a questi altri. Possiam dunque affermare in generale, che mescolando due masse uguali dello stesso fluido a temperature diverse, la quantità di calore assoluto che dal fluido più caldo passerà nel più freddo sarà la semidifferenza de' due diversi calori.

Pro-

L' opinione di que' fisici che suppongono il fuoco elementare suscettibile di combinarsi chimicamente coi corpi, non sembra fondata sopra sperienze concludenti. Prenderò a mostrare in progresso che non v' è motivo sufficiente per credere che in verun caso i corpi entrino in una stretta e chimica combinazione con quest' elemento.

Proposizione II.

Sia un fluido tale che la sua capacità cresca continuamente al crescere la temperatura. Eguali masse di questo fluido si frammischino a temperature diverse; dico che la temperatura della miscela esplorata per un termometro equabile riescirà maggiore della media aritmetica. Ossia che il calor *sensibile* che dal fluido più caldo passerà nel più freddo sarà più della semidifferenza tra i due calori diversi *.

Giacchè la capacità di questo fluido cresce insieme colla temperatura, le quantità di calore assoluto richieste a produrvi eguali alzamenti di temperatura andran crescendo continuamente. Quindi se la differenza tra le temperature de' due fluidi intendasi divisa in due parti uguali, vale a dire se sia $D F$ eguale ad $F H$ (*Tav. I. Fig. 2.*) la quantità di calore assoluto richiesta ad alzar la temperatura del fluido da D ad F, sarà minore della quantità richiesta ad alzarla da F ad H. Dal che segue che se la retta $D H$ rappresentante l' eccesso di temperatura del fluido più caldo sopra il più freddo, si vorrà dividere nel punto F per modo, che quella quantità di calore assoluto che alza la temperatura del fluido da D in F sia eguale a quella che la porta da F in H, converrà prendere $H F$ minore di $D F$. Adunque se dal fluido più caldo noi leviamo tanto di calore, che l' eccesso del suo calore assoluto sopra quel del più freddo ne resti diminuito per metà, la differenza di

* V. l' Appendice al num. VI.

di temperatura resterà scemata *meno* della metà. E nello stesso modo si potrebbe provare, che se noi diamo al fluido più freddo una quantità di calore assoluto eguale a quella che abbiam levata al più caldo, vale a dire la semidifferenza dei due diversi calori, la temperatura verrà accresciuta di *più* della metà della differenza. Ma per la precedente Proposizione è dimostrato che nella miscela la quantità di calore *assoluto* che passa dal fluido più caldo al più freddo è per appunto la differenza de' due diversi calori. Dunque la diminuzion di temperatura nel fluido più caldo sarà minore che non è l'aumento di temperatura nel più freddo, e perciò la temperatura del misto maggiore della media aritmetica.

Per simile dimostrazione si troverà che se un fluido è tale che la sua capacità scemi continuamente al crescere la temperatura; mescolandone insieme eguali masse a diversi gradi di calor sensibile, la temperatura del misto riuscirà minore della media aritmetica.

Che se il fluido fosse tale che la sua capacità cangiasse irregolarmente al crescere della temperatura, crescendo in alcune parti della scala, scemando in altre; e se in una serie di diverse sperienze il fluido più caldo prima della miscela fosse stato portato ora ad una temperatura, ora ad un altra: in tal caso un termometro equabile in alcune di queste sperienze segnerebbe più della temperatura media aritmetica, in altre meno.

Ma nelle Sperienze I. II. III. e IV. il termometro a mercurio segnò con molta prossimità la media

dia aritmetica. E la Sperienza VIII. ne assicura che questo strumento è una misura assai giusta del calore. Poichè dunque si è dimostrato che se la capacità dell' acqua variasse insieme colla temperatura o regolarmente o irregolarmente, un termometro che misuri giustamente il calore avrebbe in sì fatte sperienze segnato o più o meno della media aritmetica, ne segue che la capacità dell' acqua è costante in tutte le temperature dal ghiaccio all' ebullizione.

Potrei trarre una conferma di questa verità dal confronto de' risultati delle mie prime sperienze colla Sperieuza VIII.

Infatti se vogliam pure supporre che la capacità dell' acqua varii in uno colla temperatura, i risultati delle prime sette sperienze ci obbligano a ricorrere alla supposizione molto inverosimile, che queste variazioni siano precisamente controbilanciate da altre variazioni contrarie nella legge delle dilatazioni del mercurio proporzionali ai calori. Dall' altra parte se supponghiamo che le dilatazioni del mercurio aberrino dalla proporzion dei calori, il risultato della sperienza ottava ci astringe a supporre, che questa aberrazione sia compensata da un altra aberrazione, per cui il calore risentito nel centro dell' apparato che si usò in quella sperienza deviasse dal medio aritmetico; supposizione anch' essa troppo improbabile. Che nel calor centrale dell' apparato avesse luogo una deviazione dal calor vero precisamente eguale alle supposte variazioni della capacità dell' acqua, ciò porta seco tal concorrenza di eventi inve-

ro-

rosimili, che io credo si possa tener per certo il contrario.

Dimostrata la costanza della capacità dell' acqua, ed assicurata la giustezza del termometro a mercurio, volendo procedere a rintracciare l' influenza della mutazion di temperatura sulle capacità di altre sostanze, si posson queste confrontare coll' acqua, come con un comune ragguaglio. Per darne un esempio, figuriamo che si uniscano eguali volumi d' acqua e di ferro; e la temperatura del ferro superi quella dell' acqua di 50°. Si uniscano un altra volta, la temperatura del ferro sorpassando adesso quella dell' acqua di 100°. Suppongo che nella prima prova siasi trovato che il calor sensibile perduto dal ferro è uguale a quello che l' acqua ha guadagnato. Se la capacità del ferro è costante, anche nella seconda prova il calor sensibile perduto dal ferro si troverà eguale a quello che l' acqua riceve; ma se la capacità cresce, la diminuzion della temperatura del ferro riuscirà *minore*, se cala, *maggiore* che non è l' aumento di temperatura nell' acqua.

Ho tentata la miscela di molti metalli e calci metalliche coll' acqua a diverse temperature; il risultato generale delle mie sperienze mi porta a credere, che mentre i corpi conservano la medesima forma, le loro capacità non sian soggette ad alterarsi per cangiamento di temperatura. Egli è vero che molte tra le mie prove non riuscirono del tutto conformi a questa supposizione, ma s' accostaron più da vicino ad essa che a qualunque altra. E ciò appunto mi porta ad assicurarne la giustezza.

Per

Per una simile maniera di argomentare noi siamo sempre condotti a scoprire e stabilire le leggi universali della natura. Se gli Astronomi, per esempio, stabiliscono che i corpi celesti descrivon orbite ellittiche, non è già che le loro osservazioni segnino precisamente questa linea, ma s' accordan meglio con essa, che colla circolare, o con qualunque altra. Nè può negarsi che quantunque ci venga tolto l' aggiungere alla perfetta esattezza, quanto più le nostre sperienze vi si accosteranno, tanto le conseguenze dedottene saran più certe, e più agevole riuscirà il ricondurle ai primi principj universali.

Le osservazioni ed esperienze fin quì riferite ne mostrano, che le capacità de' corpi che mantengono la stessa forma sono costanti in tutte le temperature intermedie tra il ghiaccio e l' ebullizione dell' acqua. Di quì possiamo argomentare per induzione, che la medesima legge avrà luogo generalmente per tutta la scala del calore.

La confidenza che noi siam soliti accordare all' argomento tratto dall' induzione è giustificata dalla universale esperienza, la quale ne mostra che le operazioni della natura sono semplici ed uniformi, che effetti simili provengono da simili cagioni, che tutti i fenomeni dell' universo, per quanto l' umana osservazione può seguirli, sono regolati da leggi universali. Se l' esperienza e l' osservazione c' insegna che le forze attrattive del Sole sopra alcuni pianeti sono reciprocamente come i quadrati delle distanze, persuasi della semplicità delle leggi della natura noi tosto con-

chiu-

chiudiamo che questa legge s' estende a tutto il sistema planetario, e regola i moti di tutti i corpi che si aggirano attorno al Sole. Per simil guisa adunque, trovando che per tutte quelle temperature che cadon sotto la nostra osservazione, le capacità sono costanti, per fino che le forme de' corpi si conservano le stesse, noi possiamo conchiudere per induzione, esser questa una legge universale della natura, che si estende all' intera scala del calore, fino al punto della sua total privazione. Giacchè il fatto è fondato sopra una numerosa serie di sperienze, giacchè esso conduce ad una semplice spiegazion dei fenomeni, quest' induzione può, a mio parere, riguardarsi come legitima. E se in qualche caso particolare ci si presenterà in appresso qualche aberrazione da questa legge universale, ciò vuol dire che noi dovremo limitarla con quelle eccezioni che occorreranno.

Nella costanza della capacità de' corpi noi troviamo la ragione della regolarità colla quale essi si raffreddano quando son collocati in un freddo ambiente.

L' immortal *Newton* fu il primo a rintracciare le leggi del raffreddamento de' corpi riscaldati. Egli suppose con molta verosimiglianza, che le quantità di calore perdute da un corpo in brevi intervalli di tempo siano proporzionali all' eccesso della temperatura del corpo sopra quella dell' ambiente. Per esempio, se il corpo riscaldato sarà di 180° più caldo dell' atmosfera, il calore che egli perde in un dato tempetto sarà doppio di quel-

quello ch'egli perderebbe in un eguale tempetto, se egli non fosse che di 90° più caldo dell'atmosfera. Da ciò segue, che se i tempi si prendono in progressione aritmetica, i decrementi del calore saranno in progressione geometrica; e i calori residui, ossia le differenze successive tra la temperatura del corpo e quella dell'atmosfera, cammineranno esse pure nella stessa progression geometrica.

Il Dr. *Martine* ha fatto vedere che questa regola tuttochè a un di presso esatta, non è però da ammettere senza qualche limitazione. Le sue sperienze confrontate con quelle di *Musschenbroek* dimostrano, che i decrementi del calore sono in una proporzione alquanto maggiore che i calori residui, e per conseguenza le quantità perdute di calore sono in parte equabili, ed in parte in progression geometrica.

Si trova adunque che tutti i corpi nel raffreddarsi seguon le stesse leggi invariabili: or ciò nuovamente conferma che noi dobbiamo o riconoscere che le capacità sono costanti, o altrimenti ricorrere alla supposizione troppo inverosimile, che i cangiamenti di capacità prodotti dai cangiamenti di temperatura siano precisamente simili in tutte le classi sì varie de' corpi terrestri.

Imperciocchè se i cangiamenti di capacità fosser dissimili, le leggi del raffreddamento varierebbero nelle diverse sostanze. Siano due corpi *B*, *C*, nel primo de'quali la capacità scemi uniformemente, nell'altro uniformemente cresca al crescer della temperatura. Se questi due corpi riscaldati

dati si pongano in un freddo ambiente, il raffreddamento del primo sarà proporzionale al *congiunto* effetto di due cagioni *cospiranti*; giacchè a raffreddar *B* concorre tanto l'azion dell'ambiente, quant' anche l' assorbimento di calore prodotto dall' accresciuta capacità. Al contrario il raffreddamento del secondo sarà proporzionale alla *differenza* tra due cagioni *opposte*; giacchè se *C* perde continuamente del calore per l'azion dell' ambiente, esso viene internamente ristorato in grazia della diminuzione di capacità. Quindi l' azion dell' ambiente produttrice del raffreddamento, sarà nel primo caso rinforzata per l' assorbimento del calore; nel secondo caso indebolita per l' evoluzion del medesimo. Perciò le quantità di calore perdute dal corpo *B* in brevi intervalli di tempo, saranno in *maggior* proporzione che non sono i calori residui, voglio dir le differenze di temperatura fra il corpo e l' ambiente; al contrario le quantità di calore perdute dal corpo *C* cammineranno in *minor* proporzione dei calori residui. Le leggi adunque del raffreddamento nei corpi *B*, *C* si troveranno differenti. Or tali differenze non si osservano in natura.

Che anzi si è trovato che le leggi del raffreddamento dell' acqua sono le stesse che s' osservano nel raffreddamento dell' altre sostanze solide o fluide. Essendosi dunque mostrato che la capacità dell' acqua è permanente, possiamo conchiuderne che ancor quest' altre sostanze, perfin che conservano la stessa forma, godono di costante capacità.

Forse è riservato ai futuri sperimentatori lo scoprir qualche eccezione di questa legge. Il freddo prodotto dalla subitanea espansione de' fluidi aeriformi fa sospettare, che la capacità loro cresca alquanto al crescere della temperatura: ma vedremo appresso, che se pur v' ha qualche eccezione a questa legge universale, gli effetti di queste deviazioni non sono che leggerissimi.

Abbiam provato da principio che nei corpi omogenei, se le masse siano disuguali, ma eguali le temperature, le quantità di calore assoluto saranno proporzionali alle masse. Apparisce ora che nei corpi omogenei, se le masse sono eguali, e le temperature diverse, rimanendo sempre inalterata la forma, le quantità di calore assoluto saranno proporzionali alle temperature, quali risultano misurate da un termometro equabile, e contate dal punto della total privazione del calore. Se la temperatura valutata così scemerà della metà, o d' un terzo, o in qualunque altra proporzione, il calore assoluto scemerà anch' esso nella proporzione medesima.

VI. Quando per l' azion del calore i corpi che prima eran solidi si sciolgono in fluidi, essi assorbiscono una certa dose di calore assoluto, che è necessaria alla loro esistenza in istato di fluidi, ma che non ne accresce la temperatura: quando al contrario gli stessi corpi esposti al freddo s' agghiacciano e ridivengon solidi, essi abbandonano quella stessa dose di calore assoluto che aveano assorbita nel liquefarsi.

Deluc fu il primo che osservò questo fenome-

no interessante negli anni 1755 e 1756 come sappiamo dalla sua insigne Opera sopra l' Atmosfera, e da quella recentemente pubblicata sulla Metereologia. Sembra che contemporaneamente l' osservasse il Dr. *Black* di Edinburgo, il quale non potè esser informato delle ricerche di *Deluc*, e tuttavia espose pubblicamente lo stesso fenomeno nelle sue lezioni di Chimica fin dagli anni 1757 e 1758. Si può anzi dire che *Black* fu il primo a confermare appieno questa scoperta con una serie d' ingegnose e decisive sperienze. *Deluc* le ha ultimamente pubblicate nel suo eccellente Trattato di Metereologia; e giacchè esse posson servir molto ad illustrar l' argomento di quest' opera, io ne darò quì un succinto ragguaglio *.

Si mescoli una libbra d' acqua a 32 con altrettanta a 172; un termometro equabile segnerà la temperatura della miscela gr. 102, medio aritmetico tra le temperature dell' acqua fredda, e della calda. Si mescoli ora una libbra di ghiaccio a 32 con una libbra d' acqua a 172; la temperatura della miscela resterà 32. Di quì apparisce che il calore agisce molto diversamente sul ghiaccio, e sull' acqua fredda al punto di congelazione. Perchè nella prima sperienza l' acqua calda perdette una quantità di calore che ne alzava la temperatura di 70 gradi, e questa passando nell' acqua fredda, ne accrebbe la temperatura parimente di

* Un esatta esposizione della dottrina del Calor Latente trovasi pur proposta da *Wilke* negli Atti dell' Accademia Svezzese. V. Acta Suec. 1772. pag. 97.

70 gradi. Ma nel secondo esperimento l'acqua calda perdette una quantità di calore che ne alzava la temperatura di 140 gradi, e questa passando nel ghiaccio, lo fuse bensì, ma non ne accrebbe il calor sensibile, essendo che la temperatura del misto restò a 32. Dunque il ghiaccio fondendosi assorbisce 140 gradi di calore, i quali non producono alcun effetto sul termometro, e si può dir che esistono nell'acqua in istato di calore insensibile, ossia latente.

Quel calore che l'acqua assorbisce al ricuperare il suo stato di fluido, lo perde di nuovo nel congelarsi, come si vedrà nella sperienza seguente. Si mescoli una libbra d'acqua a 32 con una libbra di ghiaccio a 4; si congelerà circa una quinta parte dell'acqua, e la temperatura del misto sarà 32. In questa sperienza, la temperatura del ghiaccio sale da 4 a 32: egli è dunque evidente che l'agghiacciamento di circa un quinto di libbra d'acqua sviluppa una quantità di calore capace d'alzare la temperatura d'una libbra di ghiaccio 28 gradi. E' bene osservare, che l'acqua che agghiaccia in questo sperimento è alquanto meno di un quinto di libbra. Fingiamo tuttavia che sia precisamente di tanto. Se la congelazione d'un quinto di libbra d'acqua sviluppa un calor sufficiente ad alzar la temperatura del ghiaccio di 28 gradi, la congelazione d'una libbra intera d'acqua svilupperà un calor sufficiente ad alzarla di cinque volte 28 gradi. Se si tien conto de' rotti trascurati nel presente esempio, e delle diverse capacità del ghiaccio e dell'acqua,

si troverà che il calore sviluppato dall' acqua nel congelarsi è precisamente eguale al calore assorbito dal ghiaccio nello squagliarsi. E di vero conviene perfettamente alla semplicità delle leggi della natura, che il calore assorbito dai corpi nel loro cangiamento di forma, ricomparisca allor quando essi subiscono un cangiamento contrario.

Dalle cose dette comprendiam la ragione d' un fenomeno, che io credo per la prima volta osservato dal Dr. *Black*. Se l' acqua perfettamente spogliata d' aria e tenuta in perfetta quiete s' esponga ad un atmosfera più fredda di 32 gradi, la sua temperatura calerà per alcuni gradi sotto del gelo, e l' acqua tuttavia si rimarrà fluida in tutte le sue parti. Se essa allora si agiti leggermente, una parte agghiaccierà tutto ad un tratto, e la temperatura del misto, composto adesso d' acqua e di ghiaccio, salirà subito a 32.

La ragione è patente. L' acqua benchè raffreddata sotto 32 non agghiaccia senza l' ajuto d' un leggero scuotimento. Agitandola, una porzion di quest' acqua si congela, e questa porzione sviluppa una quantità di calore capace di far salir tutto il misto a 32.

Conoscendo la quantità dell' acqua, e la temperatura a cui s' era abbassata prima dello scuotimento; se si determini la quantità d' acqua che s' agghiacciò in sequela dello scuotimento, si potrà trovare il grado di freddo necessario a congelare l' intera massa.

L' istantaneo agghiacciamento d' una porzion dell' acqua in questa sperienza ha per cagione la tem-

peratura più bassa di 32° a cui essa fu ridotta prima dell' agitazione. Poichè dunque gli effetti son sempre proporzionali alle loro adeguate cagioni, egli è manifesto che se in altre ed altre sperienze la temperatura dell' acqua sia più e più scemata, la quantità di ghiaccio formata per lo scuotimento, sarà sempre proporzionale al numero de' gradi sotto il gelo, a cui calò la temperatura suddetta. Onde se un' abbassamento di temperatura di 10° sotto il gelo agghiacciò una quantità d' acqua come uno, un abbassamento di 20° ne agghiaccierà una quantità doppia, e così a proporzione. Ciò posto, la quantità dell' acqua chiamisi Q; il grado di freddo necessario ad agghiacciarla tutta quanta chiamisi S; un altro grado di freddo meno intenso sia d, e il ghiaccio da esso formato sia m. Sarà $m : d :: Q : S$, e conoscendo m, d, Q si troverà $S = \frac{Q\,d}{m}$.

Determinata adunque per un esperimento la quantità di ghiaccio prodotta da un dato grado di freddo, potrà calcolarsi il grado di freddo richiesto ad agghiacciare l' intera massa. Quindi si conosceranno ad un tempo i calori comparativi del ghiaccio e dell' acqua; giacchè il calor comparativo dell' acqua sta a quello del ghiaccio, come sta il grado di freddo necessario a congelar tutta l' acqua al calore assorbito dall' acqua nello squagliamento del ghiaccio.

Il Dr. *Black* ha provato altresì che mentre l' acqua si converte in vapore, resta assorbita una certa dose di calore assoluto, che è necessaria

all'

all' esistenza dell' acqua in istato aeriforme, ma che però non ne accresce la temperatura.

A questa scoperta lo condusse una strana ed inaspettata apparenza che gli si presentò in un esperimento in cui avea portata l' acqua ad un altissima temperatura. Una certa quantità d' acqua rinchiusa nel digestore di Papino erasi fatta salire ad una temperatura di molti gradi superiore all' ebullizione; si aprì ad un tratto col volgere d' un robinetto la comunicazione coll' aria esterna; immantinente una porzion dell' acqua restò cangiata in vapore, e in quel momento medesimo l' acqua calò a gradi 212. Ei ne dedusse che il vapore prodotto assorbì dall' acqua una dose di calore assoluto, per il qual assorbimento restò la temperatura dell' acqua ridotta al grado dell' ebullizione. La verità di questa illazione fu poi pienamente confermata da quest' ingegnoso sperimentatore. La seguente sperienza ne reca una prova decisiva.

Otto libbre di limatura di ferro a 212, si mescolino con una libbra d' acqua a 32; la temperatura del misto apparirà prossimamente 122; il ferro sarà raffreddato di 90°, e l' acqua riscaldata d' altrettanto. Ora si mescolino otto libbre di limatura di ferro a 300 con una libbra d' acqua al grado dell' ebullizione, cioè a 212; la temperatura del misto sarà 212, ed una parte dell' acqua sarà tosto convertita in vapore. Un termometro assai sensibile si sospenda in guisa che sia in contatto col vapore che si sprigiona; ed esso pure non mostrerà che la temperatura 212. Quì dunque il fer-

ro perde 88 gradi di calore, i quali sollevano una parte dell' acqua in vapore, ma non ne accrescono il calor sensibile, giacchè tanto la temperatura del misto, quanto quella del vapor che si svolge non oltrepassa il grado 212. Giacchè questo calore perduto dal ferro non è passato nell' acqua, convien dire ad ogni modo che sia rimasto assorbito dal vapore.

Quest' illazione resta confermata dall' osservazione inversa, che il calore assorbito così si sviluppa nuovamente nell' atto che il vapor si condensa.

Deluc nel suo Trattato di Meterologia ci fa sapere che secondo le sperienze di *Watt* il calore assoluto sviluppato nella condensazione d' un dato peso di vapore è tanto, che potrebbe rialzare di 943 la temperatura d' un egual peso di qualunque sostanza non evaporabile, che avesse una capacità eguale a quella dell' acqua *.

Dal calore che si sprigiona nell' atto della congelazion dell' acqua noi possiam comprendere la ragione per cui l' acqua esposta ad un freddo maggiore di 32°, ed allo stesso tempo leggermente agitata dal vento, quand' è giunta alla temperatura 32, cessa di raffreddarsi di più, la sua temperatura diviene stazionaria, e tal rimane, finchè l' intera massa non è congelata. Egli è noto che alla temperatura 32 l' acqua ajutata da un legger movimento si cangia in solido. Giunta dunque a questa temperatura essa comincia ad agghiacciare, e in conseguenza a sviluppar del calore. Ora siccome questo sviluppo di calore ha

per

* V. Idèes sur la Metereologie. Tom. I. pag. 224.

per cagione l'agghiacciamento medesimo, egli è manifesto, che la quantità di calore sviluppata in un dato tempo sarà proporzionale alla quantità dell' acqua agghiacciata. E siccome la congelazion dell' acqua ha per cagione la facoltà che ha l'ambiente di raffreddarla, così la quantità dell' acqua agghiacciata sarà pur proporzionale a questa facoltà. Per esempio se un ambiente freddo 10 gradi sotto il gelo congelò in un dato tempo una quantità d' acqua come uno, un ambiente di 20 gr. sotto il gelo ne agghiaccierà in egual tempo una quantità doppia.

Di quì apparisce che l'acqua nell' atto della congelazione è investita da due opposte potenze; l' ambiente più freddo di 32° la spoglia di calore; e lo sviluppo che si fa in conseguenza dell' agghiacciamento, le somministra al contrario del calore. Essendo queste due azioni precisamente uguali, la temperatura nell' atto della congelazione resta inalterata. Nello stesso modo che se allo stesso tempo entrasse in un vaso dell' acqua per un foro, e ne sfuggisse per un altro, e la quantità che entra fosse eguale a quella che sorte, l' altezza dell' acqua nel vaso si rimarrebbe stazionaria.

Simile è la ragione per cui anche il ghiaccio nel fondersi conserva una temperatura costante. Tale è la natura del ghiaccio, ch' egli non può comportare un calor maggiore di 32 senza sciogliersi in acqua. Ora si è provato che quest' acqua assorbisce una certa dose di calore che punto non ne accresce la temperatura. Adunque espo-

posto il ghiaccio ad un ambiente più caldo di 32°, siccome non può salire oltre questo punto senza sciogliersi, così tutto il calor ch' esso riceve impiegasi nel cangiarlo in fluido, e però si rende insensibile.

Egli è un effetto delle cagioni medesime, che la temperatura dell' acqua mentre bolle, e quella del vapore acqueo mentre si condensa, sono stazionarie, essendovi in queste operazioni un assorbimento di tutto il calore che viene successivamente somministrato. Di quì possiamo inferir generalmente che quei corpi i quali nell' atto di cangiar forma per l' azion del calore o del freddo conservano una temperatura permanente, essi o assorbiscono del calore, o ne sviluppano. Se la temperatura si mantien permanente mentre il corpo è esposto ad un ambiente freddo, questo corpo sviluppa del calore; se al contrario la temperatura è costante mentre il corpo è esposto ad un ambiente caldo, possiamo inferirne ch' esso assorbisce del calore.

Il Dr. *Black* ha trovato che molte sostanze, come il sevo, lo spermaceti, la cera, la ragia, mantengono una costante temperatura mentre cangian di forma coll' indurire, o collo squagliarsi. Egli ne deduce che nel primo processo esse tramandano del calore, nell' ultimo ne assorbiscono.

Da questi fatti ed osservazioni possiamo conchiudere in generale, che *quando i corpi per l' azion del calore giungono al punto di squagliarsi, o di bollire, essi assorbiscono una dose di calore necessaria alla loro esistenza in istato di liquido, o*

di

di vapore, ma che non ne aumenta la temperatura; quando per lo contrario i vapori si condensano in fluidi, o i fluidi si agghiacciano in solidi, essi abbandonano il calore prima assorbito.

Nella congelazion de' fluidi, e nello squagliarsi de' solidi, come pure nell' evoluzione, e nella condensazion de' vapori hanno luogo le seguenti proporzioni.

E' manifesto che nell' agghiacciamento di diverse porzioni del fluido medesimo, se i tempi dell' agghiacciamento siano eguali, le quantità agghiacciate saranno direttamente proporzionali all' azion della causa raffreddatrice, ossia alla velocità con cui vien sottratto il calore. P. e. se una certa quantità d' acqua verrà agghiacciata da una cagione raffreddatrice che ne sottragga il calore con velocità come 1, egli è chiaro che se la velocità con cui si sottrae il calore si raddoppi, una doppia quantità d' acqua sarà agghiacciata in tempo uguale.

Sia dunque T il tempo dell' agghiacciamento, Q la quantità di materia, P la potenza raffreddatrice. Dato T, sarà Q proporzionale a P. Similmente data la potenza raffreddatrice, le quantità agghiacciate saranno come i tempi dell' agghiacciamento: vale a dire dato P, sarà Q proporzionale a T. Generalmente adunque sarà Q proporzionale a $P \cdot T$; onde T proporzionale a $\frac{Q}{P}$; e dato Q, sarà T reciprocamente proporzionale a P. Cioè date le quantità di materia agghiacciate, i tempi dell' agghiacciamento saranno

pro-

proporzionali reciprocamente alla potenza raffreddatrice; o per usar altri termini, il tempo richiesto ad agghiacciar una data quantità di fluido sarà tanto minore, quanto è maggior la potenza raffreddatrice. Quindi sarà istantanea la congelazione, ed il fluido sarà ad un punto cangiato interamente in solido, se la potenza raffreddatrice sarà tanta da levare in un istante tutto quanto il calore che nella congelazione si sviluppa.

Di più data la velocità con cui vien sottratto il calore, i tempi che si richieggono ad agghiacciare eguali quantità di diversi fluidi debbon essere proporzionali alle quantità di calore che essi abbandonano e svolgono nell' atto dell' agghiacciamento. Supponghiam p. e. che il calore che l' acqua abbandona nel congelarsi sia doppio di quel che abbandona nel congelarsi un egual massa di spermaceti; se la prestezza con cui vien tolto il calore a queste due sostanze sarà eguale, il tempo richiesto a congelare la prima sarà doppio di quel che richiedesi per la seconda.

Quindi le quantità di calore che si sviluppano nella congelazion di diversi fluidi potrebbero rilevarsi dai tempi che essi durano ad agghiacciare quando sono esposti a cagioni raffreddatrici di forza eguale.

Fu provato di sopra che mentre i corpi ritengono la stessa forma, il cangiamento di temperatura non ne altera le capacità. Or gli esperimenti del Dr. *Irvine* ci dan fondato motivo di credere che un cangiamento di temperatura che alteri le forme de' corpi, ne aumenta o scema

le

le capacità, ed in conseguenza di ciò essi debbono assorbire, o sviluppar del calore. Così l' insigne scoperta quì descritta rientra in una general legge della natura. Non m' internerò ora davvantaggio in quest' argomento, lasciandone una più piena illustrazione a que' valenti Fisici ai quali è dovuto l' onore della scoperta.

VII. Diseguali quantità di calore assoluto si richieggono a produrre eguali alterazioni di temperatura in eguali masse di corpi eterogenei.

Se per esempio si alzi d' un grado la temperatura d' una libbra di mercurio, e d' un grado pure si alzi la temperatura d' una libbra d' acqua, (segnate essendo le temperature da un termometro equabile) si troverà che le quantità di calore assoluto che introdotte nel mercurio e nell' acqua han prodotto questi uguali alzamenti, sono diverse.

Fu opinione d' alcuni fisici che le quantità di calore assoluto ne' corpi fossero in proporzione delle lor densità. Ma *Boerhaave* fu di contraria opinione, e pensò che il calore diffondasi egualmente per tutti i corpi o densi o rari, e che però le quantità di calore ne' corpi siano in proporzione de' lor volumi. Ora le sperienze dimostrano che la distribuzion del calore pe' varj corpi terrestri non segue nè la proporzion de' volumi, nè quella delle densità.

Il primo saggio di fissare per esperienza le quantità comparative di calore assoluto ne' varj corpi fu fatto da *Farhenheit* a richiesta di *Boerhaave*. Ecco una breve idea di questo tentativo, che io spie-

spiegherò quasi colle espressioni stesse dell' Autore.

Se voi prendete eguali quantità dello stesso fluido, date ad esse diversi gradi di calore, poi le mescolate fra loro intimamente, la temperatura del misto sarà media aritmetica fra il calore del fluido più caldo, e quel del più freddo. Mescolate p. e. una pinta d' acqua bollente a 212 con una pinta d' acqua a 32, la temperatura del misto sarà 122; l' acqua calda sarà raffreddata di 90 gradi, e l' acqua fredda riscaldata d' altrettanto.

Ma se fate lo stesso sperimento con acqua e mercurio, voi avrete un risultato ben diverso. Se prendete eguali volumi di mercurio e d' acqua, e date all' acqua un maggior grado di calore che al mercurio, il calor del misto sarà sempre *maggiore* del medio aritmetico. Che se al contrario riscaldate più il mercurio che l' acqua, troverete il calor del misto *minore* del medio aritmetico. Nel primo caso, troverete che i cangiamenti indotti nelle temperature dell' acqua e del mercurio sono quelli che risulterebbero al mescolare tre parti d' acqua calda con due d' acqua fredda: e nel secondo caso sono quelli che risulterebbero al mescolare tre parti d' acqua fredda con due d' acqua calda. In somma il cangiamento prodotto nella temperatura del mercurio sta al cangiamento prodotto in quella dell' acqua, come 3 a 2.

Dal primo esperimento di *Farhenheit* bene inferì *Boerhaave*, che in uno stesso corpo la distribuzion del fuoco è in ragion del volume, o del-

della quantità di materia. Ma dalle sperienze fatte coll' acqua e col mercurio egli inferì non troppo bene che il calore sia diffuso ugualmente pei corpi più densi come pei più rari; e che però le quantità del calore siano ne' diversi corpi in ragione de' lor volumi.

Queste sperienze sono state in appresso ripetute e variate, e se ne son tratte ben diverse conseguenze.

Ho già osservato che mescendo una pinta di mercurio a gr. 100 con un egual volume d' acqua a 50, il cangiamento prodotto nel calor del mercurio sta al cangiamento prodotto nel calore dell' acqua come 3 a 2. Or di quì si è inferito che il calor assoluto d' una pinta di mercurio è a quello d' un egual volume d' acqua come 2 a 3; o in altri termini, che le quantità comparative del lor calore *assoluto* sono reciprocamente proporzionali ai cangiamenti prodotti nel lor calore *sensibile*, quand' essi sono fra loro mescolati a diverse temperature *.

La giustezza di quest' illazione può mostrarsi nel seguente modo.

Quattro libbre d' antimonio diaforetico a 20 si mescolino con una libbra di ghiaccio a 32, la temperatura del misto sarà circa 26. Il ghiaccio si raffredderà di 6 gradi, e l' antimonio si riscalderà d' altrettanto. Se rovesciam l' esperimento, l' effetto sarà lo stesso. Vale a dire se leviamo 6 gradi

* Questa regola è stata pubblicamente insegnata dai Dr. *Black* ed *Irvine* nelle Università d' Edinburgo e di Glasgovv per varj anni; ed il Dr. *Irvine* l' ha applicata alla spiegazione d' assai curiosi ed interessanti fenomeni.

di di calore da 4 libbre d'antimonio, e li aggiungiamo ad 1 libbra di ghiaccio, questa si riscalderà di 6 gradi. Quella quantità di calore adunque che alza una libbra di ghiaccio 6 gradi, alza pur di 6 gradi quattro libbre d'antimonio.

Ripetendo la sperienza a diverse temperature, avremo sempre un simile risultato. Sia p. e. l'antimonio a 15 gradi, o a qualunque dato grado sotto il gelo, il ghiaccio a 32, il calor del misto sarà sempre medio aritmetico fra quelli delle due sostanze mescolate. E giacchè le capacità de' corpi sono costanti perfin ch'essi conservano la stessa forma, possiam conchiudere che il risultato non mancherebbe d'esser lo stesso, se l'antimonio fosse spogliato di tutto quanto il suo calore, e in tale stato si mescesse col ghiaccio a 32. Ora in questo caso egli è pur evidente che il ghiaccio comunicherebbe all'antimonio la metà del suo calore assoluto. Poichè supponghiamo che il punto corrispondente alla total privazion di calore cada 200 gradi sotto il gelo; l'antimonio sarà dunque affatto privo di calore quando la sua temperatura è 200° sotto il gelo; ed il ghiaccio allora essendo a 32 avrà 200 gradi di calore. Si mescolino adesso insieme; la temperatura della miscela sarà la metà dell'eccesso del calor del più caldo sopra il più freddo; ossia il ghiaccio si raffredderà di 100 gradi, l'antimonio si riscalderà di 100 gradi. La metà dunque del calore contenuto prima nel ghiaccio passerà nell'antimonio: dal che è manifesto che dopo la miscela il ghiaccio

e l' antimonio debbon contenere eguali quantità di calore assoluto.

Presentiam questa stessa teoria sotto un altro punto di vista. Abbiam mostrato che la stessa quantità di calore che alza una libbra di ghiaccio 6 gradi, alzerà quattro libbre d' antimonio d' altrettanto. Siccome le capacità de' corpi che non cangian forma non restano alterate da cangiamento di temperatura, segue che quella quantità di calore che alza il ghiaccio di 200° o d' altro dato numero di gradi, alzerà l' antimonio d' altrettanti. Dunque una libbra d' acqua, e quattro libbre d' antimonio in pari temperatura contengono egual copia di calore assoluto. Ora della terza delle nostre proposizioni generali apparisce che 4 libbre d' antimonio contengon quattro volte tanto calore quanto una libbra d' antimónio. Dunque la quantità di calore assoluto contenuta in una libbra di ghiaccio sta alla quantità contenuta in una libbra d' antimonio, come 4 ad 1.

Ora se una libbra di ghiaccio a 32 si mescola con una libbra parimenti d' antimonio a 7, la temperatura del misto sarà 27; il ghiaccio si riscalderà di 5 gradi, l' antimonio si riscalderà di 20: onde il cangiamento indotto nel calor sensibile del ghiaccio starà al cangiamento prodotto nel calor sensibile dell' antimonio, come 1 a 4. Ma abbiam provato che il calore assoluto d' una libbra di ghiaccio è a quello d' una libbra d' antimonio, come 4 ad 1. Egli è perciò evidente che le quantità comparative di calore assoluto in eguali pesi di ghiaccio e d' antimonio aventi eguali temperatu-

re sono reciprocamente proporzionali ai cangiamenti che vengono indotti ne' loro calori sensibili, quando vengono fra loro mescolati a diverse temperature *.

Questa conseguenza sembra legittimamente dedotta dalle premesse. Il raziocinio che ne ha condotto a stabilirla è fondato sopra la proporzione e connession necessaria tra le cagioni e gli effetti, ed è affatto indipendente da qualunque ipotesi intorno la natura del calore.

Essa può riguardarsi come un applicazione di questo general Teorema. Se cagioni uguali operando sopra diversi corpi producono effetti disuguali, egli è forza che a produrre effetti uguali si richieggano cagioni disuguali. O in altri termini: se quando le cagioni sono uguali gli effetti variano, egli è forza che quando gli effetti sono eguali, le cagioni variino: e se in ciascuna classe di corpi l'effetto è proporzionale alla cagione, le variazioni delle cagioni e degli effetti in diverse classi di corpi saranno reciprocamente proporzionali tra loro. La prova è la stessa che per la Proposizion precedente, sostituendo la parola *effetto* a temperatura, e la parola *cagione* a calore assoluto. Nè

* Non ho voluto ommettere di stabilir così brevemente la verità di questa dottrina, come un introduzion necessaria alle sperienze seguenti: ma ne rimetto una più completa illustrazione ai Dr. *Black* ed *Irvine*.

Apre questa scoperta un campo vastissimo alle nostre ricerche, come quella che ne insegna il mezzo di valutare le quantità comparative di calore assoluto ne' corpi, e di determinar con sicurezza le varie proporzioni secondo le quali l'elemento del fuoco è distribuito ne' varj Regni della natura.

Nè questo raziocinio ha luogo soltanto nella ricerca de' calori comparativi de' corpi; esso può applicarsi ancora a qualunque altro ramo delle scienze naturali, ovunque apparisca la medesima reciprocità tra le cagioni e gli effetti. Può estendersi per esempio ai mestrui ed a' corpi disciolti nella Chimica; alle forze ed ai moti da esse prodotti nella filosofia naturale; alle diminuzioni delle forze ed alle potenze che cagionano queste diminuzioni.

Siano p. e. *A*, *B* due corpi, e *C* una forza motrice; sia questa forza tale che se ne possa concepire una doppia, tripla, quadrupla, ed anche la metà, il terzo, il quarto ec. Le quantità di questa forza motrice che si richiedono ad indurre eguali velocità ne' corpi *A*, *B* saranno reciprocamente come le velocità che vengono ad indursi in questi corpi quando le forze motrici sono eguali. Segue ciò necessariamente da quel che dimostrano i filosofi intorno le forze, e le velocità da esse prodotte. Imperocchè siano applicate forze uguali ad *A* ed a *B*, e in tal caso sia la velocità di *A* a quella di *B*, come 2 ad 1; giacchè quando si tratta de' moti impressi ad uno stesso corpo, le forze sono come le velocità, se la velocità di *A* scemi della metà, divenendo così eguale alla velocità di *B*, la forza motrice scemerà nella stessa proporzione; adunque quando *A* e *B* hanno velocità eguali, la forza motrice applicata al primo sarà la metà della forza motrice applicata al secondo. Se dunque essendo uguali le forze motrici, le velocità sono come 2

ad 1, segue che essendo uguali le velocità, le forze motrici siano come 1 a 2.

Lo stesso raziocinio si applica ai mestrui ed ai corpi dissolvendi. Siano *A*, *B* due mestrui, *C* una sostanza solubile in essi; sian dati i gradi per cui *A*, e *B* s' accostano alla saturazione per date addizioni della sostanza solubile. Se in diversi gradi interposti tra la saturazione e la total privazione noi troviamo che quella stessa addizione della sostanza solubile che avvicina alla saturazione il mestruo *A* di un grado, avvicini alla saturazione l' altro mestruo *B* per due gradi, possiamo inferirne che la facoltà dissolvente del mestruo *A* è a quella del mestruo *B*, come 2 ad 1. E se *A*, e *B* siano egualmente saturati, o egualmente vicini alla saturazione, la quantità della sostanza solubile contenuta in *A* sarà doppia della contenuta in *B*.

Dalle cose dette si scorge che si possono determinare le quantità comparative di calore assoluto contenute ne' corpi, col mescolarli tra loro nel modo detto di sopra, e col notare i cangiamenti che si manifestano ne' loro calori sensibili. Questa regola però non deve applicarsi a quelle sostanze che nella miscela eccitano calore o freddo sensibile per l' azione chimica che fra di loro esercitano.

SEZIONE SECONDA.

Premesse queste generali Proposizioni, io m' inoltro a presentare al leggitore il dettaglio delle mie sperienze sul calore animale, e sull' infiammazione de' corpi combustibili.

Abbiamo avvertito che il calor sensibile tende costantemente a diffondersi per tutti i corpi, finchè non siano ridotti alla medesima temperatura. Per conseguenza quegli animali che hanno una temperatura superiore a quella dell' ambiente in cui vivono, converrà che continuamente diffondano del calore ne' corpi circostanti. Giacchè adunque nel Regno Animale havvi una continua perdita e dissipazion di calore, converrà pur che ci sia un proporzionato continuo supplemento che la ristori. Se il corpo animale non avesse una particolar facoltà di raccoliere o d' eccitar del calore, esso si ridurrebbe presto o tardi alla temperatura dell' ambiente.

A discoprire la natura di questa facoltà io feci nella state del 1777 molte sperienze su diverse sostanze animali, vegetabili, e minerali: io quì ne riferirò alcune, giacchè esse, a quel che credo, ne hanno additata la vera sorgente onde deriva il calore animale, ed il calore non meno che si produce nella combustione de' corpi.

Prima di tutto mi conviene avvertire, che le

sperienze fatte per determinare le quàntità comparative di calore ne' corpi col mescolarli fra loro a diverse temperature, sono soggette a varie cagioni d'errore.

I. Dopo fatta la miscela, richiedesi un certo tratto di tempo affinchè il calore passi dal corpo più caldo al più freddo, onde riducansi alla medesima temperatura. Se le due sostanze son tali che si mescolin fra loro intimamente, e se leggermente si agiti la miscela, un minuto, generalmente parlando, è un intervallo di tempo sufficiente a quest' uopo. Or durante quest' intervallo, l'atmosfera circostante invola una porzion del calore. Rendesi però necessario il calcolare questo calore che si dissipa nel primo minuto.

Abbiam già osservato che quando un corpo riscaldato viene esposto ad un ambiente freddo, i decrementi del calore sono parte uguali, parte in progression geometrica. Se il corpo trasmette il calore assai prontamente, e la sua temperatura sorpassa di molto quella dell' ambiente, allora i decrementi sono a un di presso in progression geometrica, secondo la regola insegnata da *Newton*; e il divario che si avrà calcolando dietro questa regola, è sì tenue che può assolutamente trascurarsi. Quando per lo contrario la sperienza si fa in un vaso che trasmetta assai lentamente il calore, e la temperatura della sostanza che si esamina non è molto superiore a quella dell' atmosfera, le quantità di calore che si perdono in due successivi tempetti sono così prossimamente eguali, che i più dilicati termometri non ne

sa-

saprebbero rilevare la differenza. Che ciò sia vero apparisce dalla seguente Sperienza.

Una libbra d' acqua in un vaso di terra si alzò alla temperatura 120. La temperatura divenne

dopo	1 minuto	119
	2 minuti	118
	3	117
	4	116
	5	115
	6	114
	7	113

Nelle sperienze che io riferirò in appresso, ho sempre osservata per alcuni minuti la progressione del raffreddamento. Quando trovava i decrementi di calore notabilmente diversi fra loro, allora io calcolava il calor dissipato nel primo minuto secondo la regola di *Newton*, deducendolo dalla serie dei numeri che mi somministrava l' osservazione. Ma per lo più le sperienze si facevano in tali circostanze, che il calore si dissipava assai lentamente, cosicchè la differenza tra i successivi decrementi di calore diveniva insensibile. Allora il calore perdutosi nel primo minuto può riguardarsi senza sensibil divario come eguale al calore perduto nel minuto seguente.

Il Dr. *Irvine*, per quanto io so, è stato il primo ad applicare la mentovata regola di *Newton* a calcolare il calor dissipato nel primo minuto, nelle sperienze dirette a determinare le quantità comparative di calore nei corpi.

II. Se la sperienza si eseguisca col versar la sostanza più calda sopra la più fredda, la prima per-

derà nel passar per l'aria una parte del suo calore. Ad evitar questa sorgente d'abbaglio, l'esperimento dee rovesciarsi; si dee prendere la sostanza più fredda alla precisa temperatura dell'aria della camera: in tale stato versandola sulla sostanza più calda, non v'è pericolo che nel passare per l'aria essa perda alcuna parte del suo calore.

III. Se la sostanza calda si mescola colla fredda in un vaso freddo esso pure, una parte del calore si trasmetterà al vaso stesso. Che se al contrario la sperienza si fa in un vaso già caldo, allora la sostanza più fredda riceverà del calore non solo dalla sostanza più calda, ma ancora dal vaso che la contiene.

Il miglior mezzo di toglier l'errore proveniente da questa cagione, egli è determinar prima la capacità del vaso a contenere il calore, in paragone della capacità d'una delle due sostanze che si frammischiano: conosciuta la capacità del vaso, si può valutar facilmente la sua influenza sopra la temperatura del misto. Una delle due sostanze di cui si ricerca il calore comparativo sia p. e. una libbra d'acqua, e siasi trovato che la capacità dell'acqua sta a quella del vaso come 12 ad 1. Se nell'atto della sperienza noi osserveremo che il vaso abbia ricevuto dall'acqua gr. 12 di calore, potremo esser certi che la perdita di questo calore ha raffreddata l'acqua d'un grado.

IV. Nelle sperienze dirette a determinare i calori comparativi dei corpi, l'acqua, generalmente parlando, suol essere la comune misura a cui gli altri corpi si riferiscono. Ora allorchè il corpo che

si

si vuol paragonare coll' acqua trasmette molto lentamente il calore, accade spesso che le diverse parti della miscela non si riducano alla stessa precisa temperatura che dopo alcuni minuti. Nelle sperienze tentate sopra le sostanze vegetabili, e le calci metalliche, alla fine del primo minuto, ho sempre trovato un notabil divario tra il calor che regna alla superficie, e quel che regna verso il fondo del vaso: divario che nasce in parte dalla tendenza che hanno le particelle più calde dell' acqua di restarsi a galla, ed in parte dalla lentezza con cui le anzidette sostanze trasmettono il calore. Vi si può rimediare in qualche modo col mescolare i corpi il più intimamente che si può, e coll' agitar con prestezza la miscela. Ma un agitazione gagliarda dissipa il calore irregolarmente, e rende difficile ed incerto il calcolo del calore perduto nel primo minuto.

A prevenir l' errore si dovrà dunque agitar la miscela moderatamente, e converrà procurare che la miscela si raffreddi a poco a poco; onde nel tempo che si richiede a ridur tutte le sue parti ad una comune temperatura, sfugga il men che si può di calore.

Si otterrà che la miscela si raffreddi a poco a poco, se le sostanze che si mescolano si prenderannno in quantità considerabile, e se il vaso in cui si fa la miscela si circonderà d' un invoglio che trasmetta lentamente il calore.

Si potrebbe ancora ottenere che la miscela si raffreddasse lentamente, col far sì che la sua temperatura non eccedesse gran fatto quella dell'

aria

aria esterna. Ora l'eccesso della temperatura della miscela sopra quella dell'aria esterna in parità di circostanze è proporzionale alla differenza fra le temperature della sostanza più calda, e della più fredda; e quest'ultima si suppone d'una temperatura eguale a quella dell'ambiente. Sarebbe dunque bene all'oggetto di rallentar la prestezza del raffreddamento, che la sostanza più calda non fosse portata a troppo alta temperatura. Ma dall'altra parte se la differenza tra le temperature delle due sostanze mescolate sarà assai piccola, saranno ancor piccole le alterazioni di temperatura che esse subiranno nell'atto della mescolanza. Ora queste alterazioni sono la misura delle capacità; e se le misure delle capacità si rendon sì piccole, egli è manifesto che gli errori inevitabili nati dalle imperfezioni del senso e da quelle de' termometri, renderanno incerti i risultati delle sperienze, e tutte le conseguenze che se ne traggono.

Adunque ne' saggi diretti a determinare i calori comparativi de' corpi per mezzo delle miscele convien evitare le troppo piccole differenze di temperatura non meno che le troppo grandi. Sta fra questi due estremi un termine di mezzo che porta seco il minimo pericolo di errore; questo termine può cercarsi col far diversi esperimenti, variando le differenze tra le temperature delle due sostanze che si mescolano, e coll'osservar poi quei risultati che meno discordano tra di loro. Se i termometri sono ben giusti, e se si pone molta cura ad evitare le altre sorgenti di errore,

rore, i risultati di diversi esperimenti fatti con notabili varietà di temperature si troveranno prossimamente coincidenti, come apparisce nelle seguenti Sperienze.

Sperienza I.

Aria della camera a - - - - - - - 65
Trentasei once *Troy* d' acqua a - - - 123
furono introdotte colla maggior prestezza in un vaso di terra a - - - 65, 2

La temperatura dell' acqua si misurava con un termometro, in cui il mercurio era contenuto in un piccol cilindro che prendeva dalla superficie fino al fondo del vaso.

Dopo 1 minuto la temperatura fu 116, 2
2 - - - - - - - - - 115, 1
3 - - - - - - - - - 114, 5
4 - - - - - - - - - 114
5 - - - - - - - - - 113, 5
6 - - - - - - - - - 113

Il vaso di terra pesava once *Troy* trenta e un quarto. Avea di diametro pollici tre e cinque ottavi, e di profondità pollici nove.

Quì l' acqua nel decorso del secondo minuto perdette poco più d' un grado, e ne' quattro minuti appresso perdette in circa a ragguaglio di mezzo grado per minuto. Si vede perciò che il vaso e l' acqua non avevan per anche presa una comune temperatura se non al termine del secondo minuto; venendo ciò dall' essere il vaso di materia terrea, cattiva conduttrice del calore, e dall' esser egli grosso circa un quarto di pollice.

ce. Siccome la perdita del calore dopo che il raffreddamento divenne regolare, fu di mezzo grado per minuto, noi possiam ragionevolmente pensare che la quantità del calore portata via dall' aria nel primo e nel secondo minuto, sia stata incirca d' un grado. Aggiungendo dunque un grado a 115, 1 temperatura dell' acqua al fine del secondo minuto, noi avremo 116, 1 per la vera temperatura dell' acqua e del vaso uniti. Sottraendola da 123 avremo di residuo 6, 9. L' acqua dunque fu raffreddata dal vaso di 6, 9. Il vaso dall' altra parte fu alzato da 65, 2 a 116, 1 cioè gr. 50, 9. Poichè esso ricevette questo calore dall' acqua, egli è a conchiudere che quello stesso calore che cangia la temperatura di 32 once d' acqua gr. 6, 9, cangia la temperatura del vaso gr. 50, 9. Per simil modo lo stesso calore che alza l' acqua d' un grado, alzerà il vaso gr. 7, 37. Dunque la capacità dell' acqua è a quella del vaso, come 7, 37 ad 1.

Sperienza II.

Aria della camera a - - - - - 65
Trentadue once d' acqua a - - 151, 75
furon versate in un vaso di terra a - - - - - - - - - - 65, 25
Temperatura dell' acqua dopo
1 minuto fu - - - 141 +
2 - - - - - - - 139, 75
3 - - - - - - - 138, 5
4 - - - - - - - 137, 5
5 - - - - - - - 136, 5

6 - - - - - - - 135, 5
7 - - - - - - - 134, 5 +
8 - - - - - - - 133, 7 +

Spirato il terzo minuto il ragguaglio del raffreddamento fu di circa un grado per minuto. Calcolando adunque tre gradi pel calore portato via dall' aria ne' primi tre minuti, avremo la vera temperatura di 141, 5.

L' acqua fu dal vaso raffreddata gr. 10, 25; e il vaso riscaldato dall' acqua gr. 76, 25. Dietro questa sperienza la capacità dell' acqua è dunque a quella del vaso, come 7, 33 ad 1.

Sperienza III.

Aria della camera a - - - - - - 66, 5
Trentadue once d' acqua a - - - 179
versate nel vaso di terra a - - 66, 5
La temperatura dell' acqua dopo
1 minuto fu - - - 164, 4
2 - - - - - - - - 162, 2
3 - - - - - - - - 160, 6
4 - - - - - - - - 159
5 - - - - - - - - 157, 5
6 - - - - - - - - 156 +
7 - - - - - - - - 154, 6

Spirato il terzo minuto il raffreddamento fu a ragione di circa 1, 5 per minuto. Contando però gr. 4, 5 pel calore dissipato ne' tre primi minuti, avremo per la vera temperatura 165, 1. In conseguenza l' acqua fu raffreddata di 13, 9; e il vaso riscaldato di 98, 6. Secondo questa sperien-

rienza la capacità dell' acqua a quella del vaso risulta come 7, 09 ad 1.

Si osserva in queste sperienze, che quanto più s' aumenta la differenza tra le temperature che aveano prima della sperienza l' acqua ed il vaso, tanto minore risulta in apparenza la capacità dell' acqua rispetto a quella del vaso. La ragione si presenta facilmente. Quanto più l' acqua è riscaldata, tanto più del suo calore sfugge e si disperde nel suo passaggio per l' aria; e se non se ne tien conto, apparirà che il vaso abbia levata all' acqua una maggior quantità di calore che non ha fatto realmente. Ciò non ostante, la prossima coincidenza ne' risultati delle due prime sperienze mostra abbastanza che l' errore procedente da questa cagione è disprezzabile, quando l' acqua non è portata a troppo alta temperatura.

Abbiamo osservato di sopra che la miscela si raffredderà poco a poco, se la temperatura non eccederà di molto quella dell' aria esterna. Quì si dee aggiungere che si potrebbe prendere la sostanza più fredda ad una temperatura più bassa di quella dell' ambiente, e la sostanza più calda ad una temperatura più alta; combinando queste temperature in modo che la temperatura della miscela fosse per risultare incirca uguale a quella dell' aria della camera. Per tal guisa si eviterebbe affatto ogni pericolo dell' errore nato dal raffreddamento della miscela, e nondimeno si avrebbe una scala di temperature assai estesa.

V. I volumi delle sostanze che si paragonan tra loro, siano eguali il più che si può. Se saran-

ranno disuguali, siccome le diverse parti delle due sostanze mescolate non potranno portarsi ad immediato contatto le une colle altre, così la difficoltà di ottenere un equabile diffusion del calore in tutto il misto si renderà sempre più grande.

Si vogliano cercar p. e. i calori comparativi dell' acqua, e della sabbia. Se il volume della sabbia sarà minore di quel dell' acqua, dopo il miscuglio l' acqua resterà più alta che non è la sabbia; se sarà maggiore, accadrà l' opposto. In entrambi i casi sarà sempre più difficile ridur l' una e l' altra ad una comune uniforme temperatura.

Se il volume dell' acqua eccede quello della sabbia, e se si ripete più volte la sperienza variando la proporzione tra i volumi delle due sostanze, ma dando però sempre un eguale agitazione alla miscela, ed usando sempre un termometro che prenda dalla superficie al fondo del vaso; la capacità dell' acqua in proporzione di quella della sabbia apparirà tanto minore, quanto minore si prende il volume della sabbia stessa. Lo proveranno le seguenti sperienze.

Sperienza I.

Aria della camera a - - - - - - 49
Trentotto once di sabbia comune
a - - - - - - - - - - - - 53, 5
mescolate con once 16, 5 d' acqua
a - - - - - - - - - - - 149

Agi-

Agitata la miscela per breve tempo, la sua temperatura

dopo 1 minuto fu - - - -	117, 5		
2 - - - - - - - -	117, 5		
3 - - - - - - - -	117, 25		
4 - - - - - - - -	116, 75		
5 - - - - - - - -	116, 25		
6 - - - - - - - -	115, 75		
7 - - - - - - - -	115, 5		
8 - - - - - - - -	115	+	
9 - - - - - - - -	114, 75		
10 - - - - - - - -	114, 25	+	

Sperienza II.

Aria della camera a - - - - - 61, 5

Ventidue once di sabbia comune a 62, 75

mescolate con ventidue once d' acqua a - - - - - - - - - 143 +

Agitata la miscela come prima, fu la temperatura

dopo 1 minuto - - - -	128	-	
2 - - - - - - - -	127, 5	-	
3 - - - - - - - -	127	-	
4 - - - - - - - -	126, 25		
5 - - - - - - - -	125, 25		
6 - - - - - - - -	124, 25		
7 - - - - - - - -	123, 5		
8 - - - - - - - -	122, 75		
9 - - - - - - - -	122		
10 - - - - - - - -	121, 25		
11 - - - - - - - -	120, 5		

12 - - - - - - - - 120

13 - - - - - - - - 119, 5

L'agitazione della miscela fu presso a poco eguale in entrambe le sperienze. Trovai appresso per altre prove, che il calore che in grazia di quest' agitazione comunicavasi all'aria ambiente era di circa un grado. Entrambe le sperienze furon fatte collo stesso vaso; la temperatura della miscela fu esplorata con termometri a cilindro che giungevano dalla superficie al fondo, essendosi usato un termometro più piccolo nella prima sperienza che nella seconda. Calcolando d' un grado il calor perduto nel minuto primo, la capacità dell' acqua risulta a quella della sabbia secondo la prima sperienza, come 5 ad 1; secondo l' altra, come 4, 7 ad 1. Si vede adunque che la capacità dell' acqua risultò in apparenza minore, allorchè il volume della sabbia fu a proporzione minore.

Nasce questa fallacia dall' accresciuta difficoltà di ridur l' acqua e la sabbia ad una comune temperatura. Poichè siccome la capacità dell' acqua è maggiore di quella della sabbia, così nella miscela il calor comune delle due sostanze riunite si accosterà più alla primiera temperatura dell' acqua che non a quella della sabbia. Se l' acqua e la sabbia non saranno ridotte ad una comune temperatura, o in altri termini, se la temperatura dell' acqua presso la superficie eccederà quella della sabbia presso il fondo, un termometro fornito di cilindro la cui lunghezza eguagli la profondità della miscela, mostrerà un grado di calore intermedio tra la temperatura che regna al-

la superficie, e quella che ha luogo verso il fondo. Ora questa temperatura intermedia sarà minore di quella che si sarebbe formata col ridursi l'arena e l'acqua ad una temperatura comune; perchè allora, essendo diverse le capacità, più crescerebbe la temperatura della sabbia, che non scema quella dell'acqua. Quindi l'acqua apparirà meno raffreddata di quel che dovrebbe essere, e la sabbia meno riscaldata: e però la capacità relativa dell'acqua parrà minore, e quella della sabbia maggiore, tanto più, quanto più disegualmente il calor si distribuisce per la miscela. E poichè la disuguaglianza del volume delle due sostanze mescolate concorre a render diseguale la distribuzion del calore, ne segue che quanto maggior si rende l'eccesso del volume dell'acqua sopra quello della sabbia in pari circostanze, tanto minore apparirà la capacità dell'acqua. Prendendo eguali volumi di sabbia e d'acqua noi avremo quel termine nel quale la capacità relativa dell'acqua comparirà la maggiore, e che in conseguenza ci darà un risultato più prossimo al vero. Poichè in questo caso sarà in tutto evitata l'anzidetta cagion d'errore, che tende a render l'*apparente* proporzione della capacità dell'acqua a quella della sabbia minore che non è la proporzion vera e *reale*.

Segue da queste osservazioni, che nelle sperienze dirette a determinare le capacità de' corpi per mezzo della miscela, in parità di tutte le altre circostanze, quanto più disegualmente il calore sarà distribuito nella miscela, tanto minore ap-

pa-

parirà il calor comparativo di quella sostanza che gode maggior capacità. E siccome i solidi hanno meno capacità che l'acqua, apparisce ancora che nelle sperienze dirette a determinare le capacità de' solidi col mescolarli con l'acqua, la diseguale distribuzion del calore farà comparir minore del giusto la capacità dell'acqua, quando s'adopri un termometro fornito di cilindro che prenda dalla superficie al fondo della miscela.

Egli è manifesto che in qualunque circostanza è sempre utile a promovere l'uniforme distribuzion del calore, il portar le parti delle due sostanze a stretto contatto tra loro, e ciò si otterrà più agevolmente se si mescolino le due sostanze ad eguali volumi, e si pestino e polverizzino i solidi minutamente.

Se si usi ogni diligenza ad evitare le accennate sorgenti di fallacia e d'errore; se le due sostanze che hanno a mescolarsi si prendano in tal quantità, ed a tali temperature, che la loro miscela non si raffreddi che poco a poco; se ciò non ostante, la differenza delle loro temperature sia tale che ne dia una scala abbastanza estesa; se il calore sia equabilmente diffuso pel misto, e la sua temperatura accuratamente accertata; i risultati delle diverse sperienze saranno prossimamente concordi, e i calori comparativi saranno determinati con tal grado di esattezza che s'accosterà assai da presso alla verità.

E avvegnachè s'incontrassero svarj notabili ne' risultati di diverse sperienze, tuttavia se ne potranno ritrarre delle conseguenze generali egual-

mente certe, come se ciascuna sperienza fosse suscettibile di esatta precisione. Trattisi p. e. di paragonare la capacità della calce di ferro con quella del ferro stesso; supponghiamo che in una serie di sperienze diverse la proporzione della capacità della calce a quella del ferro non sia mai risultata maggiore di 4, 5 ad 1, nè mai minore di 3, 5 ad 1. Noi potrem tosto conchiudere con certezza che la capacità della calce sorpassa notabilmente quella del metallo. Di più se le sperienze saran fatte con sufficiente attenzione e frequentemente ripetute, potremo tener per molto probabile, che la vera proporzione di queste due capacità è intermedia fra questi limiti estremi; vale a dire tra le proporzioni di 3, 5 ad 1, e di 4, 5 ad 1. Ma già come ho detto, se le sorgenti d' errore da noi accennate si avvertano, e diligentemente si schivino, noi sempre troveremo una prossima coincidenza tra i risultati delle diverse sperienze.

Usando delle prescritte avvertenze e precauzioni ho eseguite le sperienze che ora passo a descrivere, all' oggetto di determinare i calori comparativi di diverse sostanze vegetabili ed animali, riferendoli alla capacità dell' acqua come a comune misura.

Sperienza I.

Aria della camera a - - - - - - 64
Ventidue once di frumento ben asciutto a - - - - - - - - - 63, 7 +
Furon mescolate con venti once d'

ac-

acqua a 120

La temperatura della miscela fu

dopo 2 minuti . . . . . 101, 7 +

3 . . . . . 101, 7

4 . . . . . 101, 6

5 . . . . . 101, 6

6 . . . . . 101, 5

7 . . . . . 101, 5

8 . . . . . 101, 5 —

9 . . . . . 101, 5 —

10 . . . . . 101, 4 —

11 . . . . . 101, 3

12 . . . . . 101, 3

13 . . . . . 101, 2 +

14 . . . . . 101, 2

16 101

E portate le diverse parti della miscela ad una comune temperatura per mezzo dell' agitazione, il calor medio alla fine del ventesimo secondo minuto fu di gradi 98, 5.

S' agitò la miscela con una bacchetta dodici volte nel decorso del primo minuto. La sua temperatura fu esplorata con un termometro che prendeva dalla superficie al fondo della miscela. Le quantità dell' acqua e del grano erano così proporzionate, che i volumi eran presso a poco uguali. Il grano che era la sostanza più fredda, fu versato sopra l' acqua più calda contenuta nel vaso riscaldato esso pure. Il vaso fu collocato sopra un drappo di fanella, e la sua bocca fu pur coperta con fanella, onde impedir l' accesso dell' aria.

Dalla fine del secondo sino alla fine del nono minuto la miscela perdette tre decimi di grado; e dalla fine del nono a quella del sestodecimo, perdette sei decimi di grado. Era dunque accelerata la prestezza del raffreddamento: di che si possono assegnare le seguenti ragioni. Quando un corpo che trasmette lentamente il calore vien esposto ad un ambiente più freddo, esso si raffredda più presto alla superficie che verso il centro; quindi dee nascere una differenza di temperatura nelle diverse parti della miscela. Questa differenza per qualche tratto di tempo seguirà crescendo, e durante questo tratto di tempo la velocità del raffreddamento verso il centro sarà accelerata. Imperocchè egli è manifesto che nel processo del raffreddamento le particelle poste alla superficie ricevon continuamente del calore dalle vicine al centro, e continuamente ne trasmettono all' aria esterna. Nei primi istanti del raffreddamento, siccome è tuttora piccola la differenza di temperatura fra le particelle alla superficie e quelle al centro, così il passaggio del calore da queste a quelle sarà assai lento. Ma in quello stesso tempo le particelle vicine alla superficie si raffredderanno più prontamente, perchè la differenza tra la loro temperatura e quella dell' aria esterna è maggiore allora che mai. Poichè dunque le particelle vicine alla superficie nel principio del raffreddamento ricevon lentamente del calore dal centro, e prestamente ne sono spogliate dall' aria; ne siegue che in quest' intervallo di tempo maggiore sarà per queste particelle la perdita del calore,

lore, che il ristoro. Quindi resterà accresciuta la differenza tra la temperatura al centro e la temperatura alla superficie, e però la velocità del raffreddamento verso il centro ne sarà accelerata. Ma la velocità del raffreddamento presso la superficie sarà ritardata a misura che il corpo più s' avvicina alla temperatura dell'ambiente; e questo ritardo influirà gradatamente a diminuire la velocità del raffreddamento verso il centro.

E quindi è che nella nostra sperienza il raffreddamento centrale fu lento a principio, s' accelerò a gradi per un certo intervallo di tempo, sinchè giunse ad un massimo, dopo cui cominciò a ritardare.

La differenza fra il calore alla superficie ed il calore al centro ci rende ancora ragione di quella notabile diminuzione di temperatura che si manifestò tutt' ad un tratto, quando dopo la fine del sestodecimo minuto si rinovò l' agitazione della miscela. Prima di quest' agitazione il termometro indicava il calore che avea luogo al centro, parte la più riscaldata della miscela. L' agitazione ridusse tutte le parti della miscela ad un calor comune: non è dunque meraviglia se allora il termometro calò gr. 2, 5.

Si vedrà appresso che quando le parti della miscela erano prima ridotte ad una temperatura perfettamente uniforme, essa perdeva per un agitazione uguale a quella usata in queste circostanze, un mezzo grado. Calcolando dunque mezzo grado pel calore portato via dall' agitazione nel decorso del ventiduesimo minuto, noi avremo 99

per la temperatura media alla fine dell'esperimento: ma la temperatura media al fine del secondo minuto fu 101, 7: dunque in 21 minuti l'aria portò via 2, 7. Se supponghiamo uniforme la velocità media del raffreddamento in questo tratto di tempo, ipotesi prossimamente accurata, giacchè il raffreddamento fu lentissimo, noi avremo 0, 12 pel calore perduto in ciascun minuto. Quindi 101, 94 pel calor medio al fine del primo minuto; ed aggiungendo mezzo grado in conto del calore dissipato per l'agitazione fatta a principio, sarà la vera temperatura 102, 44.

Il calor primitivo del grano fu 63, 7; quello dell'acqua 120. Quindi la temperatura del grano crebbe di 38, 74; e la temperatura dell'acqua calò di 17, 56. Osserviamo che il grano fu introdotto nel vaso contenente l'acqua calda, e caldo esso pure. Si proverà in seguito che il calore comunicato dal vaso fu tanto quanto ne avrebber comunicate once 0, 84 d'acqua. Quì dunque il grano raffreddò di gradi 17, 56 venti once d'acqua, ed insieme il vaso che equivale ad once 0, 84 d'acqua. Dal che segue che avrebbe raffreddato di 17, 56 gradi once 20, 84 d'acqua. La quantità del grano era di once 22. Quindi secondo la regola del Dr. *Irvine* che spiegheremo più minutamente in appresso, il calor comparativo dell'acqua sta a quello del frumento in ragion composta di 38, 74 a 17, 56, e di 22 a 20, 84; ossia come 2, 3 ad 1.

Passo ora a rintracciare la capacità del vaso adoperato in questa sperienza, relativamente a quella dell'acqua.

A prevenire l' inesattezza che sarebbe nata in grazia della dissipazion del calore, versandosi l' acqua calda nel vaso, si pensò di alzare il vaso alla maggior temperatura, l' acqua alla minore. Per alzar poi il vaso ad una temperatura che fosse uniforme e costante, si prese quest' espediente. Abbiam già osservato che se il vapor dell' acqua bollente si faccia passare in continuata corrente per un tubo di qualunque lunghezza e dimensione, ogni parte di questo tubo s' alza e si mantiene al grado dell' ebullizione. Se dunque si fa girare un sottil tubo spirale attorno d' un largo cilindro, cosicchè lo attornj assai da presso, e questo tubo si mantiene a 212 per mezzo d' una corrente di vapore acqueo, egli è chiaro che il vaso si riscalderà per gradi sino a giungere ad un certo grado inferiore a 212, nel quale si manterrà stabilmente, sinchè segue il corso del vapore pel tubo, e sinchè la temperatura dell' aria esterna non cangia. Nella Tavola I. fig. 4 avrà il lettore un idea di quest' apparato. *A B C D* è un vaso di latta alto nove pollici, ed ampio pollici cinque e mezzo, attorniato dal tubo spirale *A E B* che se ne tien distante un quarto di pollice. Il tubo dopo aver compiuto un intero giro attorno del vaso termina al punto *B*, dove è aperto al vapore lo sfogo. Nel tubo spirale è inserito altro tubo *H G* per mezzo d' una chiave ad un estremo *G*, e nell' altro estremo *H* questo tubo è fissato al vaso *H K* entro cui bolle l' acqua. Una chiave *R* è fissata al tubo *H G* per interrompere a piacere la comunicazione tra l' acqua bollente

lente ed il tubo spirale, ed un altra chiave è infissa al vaso dell' acqua bollente in *P*, per cui parte del vapor di quest' acqua si lascia sortire quando occorre. Al tubo spirale è unito in *o* il tubo ricurvo *o u b*, ed a questo un altro *b v y* che è connesso col tubo circolare *a d*, posto in vicinanza del fondo del vaso *A B C D*. La porzion verticale *u b* del tubo ricurvo *o u b* è di tale grandezza da poter entrare nel tubo corrispondente *b v*; essendo il primo tubo adattato al secondo in modo da poter introdursi nel medesimo or più or meno profondamente. Così il tubo circolare *a d* può avvicinarsi al fondo del vaso, o scostarsi da esso a piacere.

Il vaso è coperto al di sopra. Il coperchio vien riscaldato per mezzo del tubetto spirale *h e*, unito in *h* alla chiave F per una giuntura mobile, simile alle descritte pocanzi. La chiave è saldata al tubo *F G*. Quindi essendo la canna spirale *e h* mobile attorno l' estremità della chiave, si può far che s' accosti al coperchio o se ne scosti a piacimento. Per quest' artificio il calore comunicato alla cima del vaso, e quello pure comunicato al fondo può regolarsi in maniera da divenir precisamente uguale al calore comunicato alla superficie laterale. Il corso del vapore pel tubo *h e* può interrompersi all' occorrenza col volgere il robinetto *F*; e questo stesso tubo può separarsi dalla chiave, quando si vuol togliere il coperchio, affine d' introdur nel vaso le sostanze solide o fluide, sulle quali si fa l' esperienza.

h k l m rappresenta (*Fig.* 5.) un vaso consimile,

le, attorniato da tre tubi spirali *a c*, *d f*, *e g*. Quello di mezzo *d f*, e quel di sotto *e g*, compiuti cinque giri per ciascuno in contatto colla superficie cilindrica del vaso, ed uno attorno il fondo, terminano presso del centro. Quel di sopra *a c* incrociando due volte gli altri due, gira tre sole volte attorno la superficie cilindrica, poi fatto il suo circolo d'attorno al fondo, va anch'esso a terminar verso il centro.

Nel tubo di mezzo, e in quel di sotto, che son discosti un dall'altro circa un quarto di pollice, sono inseriti i robinetti *o*, *n*, per mezzo de' quali il vapore che s'introduce pel vaso conico *a b* può farsi passare o pel solo tubo di sopra, o per quel di sopra e quel di sotto, o ancora per tutti tre a piacere. Così si posson dare al vaso *h k l m* tre gradi diversi di calore, ognun de' quali sarà a un di presso costante, non essendo soggetto a variare che al cangiarsi la temperatura dell'ambiente della camera.

Il vaso che servì alla nostra sperienza era di latta, alto pollici $7\frac{5}{8}$ ampio $4\frac{1}{2}$, e pesava appunto once 10, scrup. 2 *Troy*. Esso fu collocato sopra un drappo di fanella entro del vaso *h k l m* della fig. 5 che si può chiamare un bagno di vapore. Questo vaso era chiuso con turacciolo di sughero fatto a posta per imboccarlo perfettamente. In questo turacciolo era inserito il termometro, che portava i gradi segnati sul tubo stesso, e che giungeva a toccar il fondo del vaso interiore.

Allora s' introdusse il vapore nel tubo spirale

di

di sopra, per il che salì il termometro gradatamente a 138, 5, e vi si fermò senza notabil variazione.

L' aria della camera essendo a 64, si presero once 40 *Troy* d' acqua a 64, 5. Temperatura esplorata con termometro molto esatto, avente ciascun grado diviso in 10 parti distintamente visibili ad occhio nudo. Allora il vaso interno si levò prontamente fuor del bagno di vapore, vi si versò l' acqua, s' agitò per breve intervallo, e appresso fu esplorata la sua temperatura con quello stesso termometro che aveva servito a determinarla prima dell' esperimento, e si trovò come segue.

Dopo 1 minuto - - - - - 65, 8
2 - - - - - - - - 65, 9
3 - - - - - - - - 65, 95.

Nel decorso di questa sperienza l' acqua fu mantenuta in una blanda agitazione, affinchè tutte le sue parti avessero la medesima temperatura.

Il vaso dovette perdere qualche poco di calore nel breve tempo che ci volle a levarlo fuori del bagno di vapore. Questa perdita può valutarsi per approssimazione per mezzo della sperienza che segue.

Aria della camera a - - - - 68, 25
Quaranta once d' acqua a - - - 68, 15
Il vaso fu messo nel bagno di vapore *ABCD* (*Fig.* 4) ed alzato a 109, 25
Versata l' acqua nel vaso, fu la temperatura dopo 1 minuto - 68, 9
2 - - - - 69, 9 +
3 - - - - 69 -

4 - - - - - 69

7 - - - - - 69

Abbiamo dunque 1, 5 per il calore che il vaso comunicò all' acqua nel primo esperimento, e 0, 85 nel secondo. Quindi il calore comparativo dell' acqua starà a quello del vaso secondo il primo esperimento come 48 ad 1, e giusta il secondo come 47, 3 ad 1. Nell' ultimo caso adunque la proporzione del calore dell' acqua a quello del vaso comparisce minore che nel primo. La ragione è ovvia: quando il vaso si leva dal bagno di vapore prima di versarvi l' acqua, esso dee perder tanto più di calore, quanto era a principio sollevato a più alta temperatura. Tuttavia la prossima coincidenza de' risultati di questi due esperimenti prova che il calore perduto in entrambi i casi non può essere che assai piccolo.

Questa sperienza fu ripetuta più volte, dando varj gradi di calore al vaso prima di affondervi l' acqua. Ecco i risultati di quattro sperienze delle più accurate.

Il calor comparativo dell' acqua a quello del vaso risultò dalla prima sperienza come - 48 : 1

seconda - - - - - 47, 4 : 1

terza - - - - - 47, 3 : 1

quarta - - - - - 47 : 1

Prendendo un medio, il calor comparativo del vaso a quel dell' acqua viene ad essere nella proporzione di 1 a 47, 4.

Quindi la quantità di calore contenuta nel vaso risulta eguale a quella che si contiene in once 0, 84 d' acqua.

Spe-

Sperienza II.

Aria della camera a - - - - - - 52
Ventidue once di frumento ben asciutto a - - - - - - - - - - 53, 5
mescolate con venti once d' acqua a 126, 75

Agitata la miscela gagliardamente ma uniformemente con una bacchetta di ferro per dodici volte; e misuratane la temperatura collo stesso termometro della sperienza precedente, essa si trovò

dopo 1 minuto - 101
2 - - - 101
3 - - - 101

Agitata nuovamente la miscela 12 volte, fu la temperatura al fine del 4 minuto - 100, 5
5 - - - - 100, 5
6 - - - - 100

Rinovata l' agitazione 12 volte, fu la temperatura al fine del 10 minuto - 99, 5
12 - - - - 99, 5

Nell' agitar la miscela si dee procurare di comunicare un movimento per quanto si può eguale a tutte le parti. Senza quest' attenzione si troverà del divario ne' risultati di diverse sperienze.

In questa sperienza, come nell' antecedente, il grano fu versato nel vaso contenente l' acqua calda, e caldo esso pure. Posava il vaso sopra una tavola di legno coperta di fanella. La sua bocca era chiusa con del' sughero, ad impedir l' accesso dell' aria esterna, ed il termometro s' intro-

troduceva nella miscela per un foro aperto nel sughero.

Agitata la miscela dopo il terzo minuto, essa perdette mezzo grado. Accadde lo stesso nella rinovata agitazione dopo il nono minuto. Quindi possiamo inferire che una gagliarda agitazione continuata dodici volte bastò a render uniforme il calore della miscela. Poichè altrimenti maggiore sarebbe comparsa la diminuzion del calore nella seconda agitazione che nella terza, come si proverà da una sperienza da riferirsi più sotto. Siccome queste altre due agitazioni furono eguali alla prima, segue che possiam valutare di circa mezzo grado il calore perduto nel decorso del primo minuto; poichè sebbene la prima agitazione debba aver portato via un poco più di calore, che non han fatto le altre; pure siccome le perdite fatte in queste due ultime si accostano così dappresso all' eguaglianza che l' occhio non può distinguerne il divario, così possiamo sicuramente conchiudere che la differenza tra le perdite fatte nelle due prime è piccolissima e trascurabile. Contando dunque mezzo grado per la perdita del primo minuto, sarà la vera temperatura della miscela 101, 5.

Il calor primitivo del grano era 53, 5; quel dell' acqua 126, 75. Dunque il grano crebbe in temperatura di 48, e l' acqua calò di 25, 25. Il calore ricevuto dal vaso è uguale a quello che si sarebbe ricevuto da once 0, 84 d' acqua. Ciò avvertito, questa sperienza ne dà il calor comparativo dell' acqua a quello del frumento come 2 ad 1.

Fra

Fra molte sperienze da me fatte con queste due sostanze ho scelte le due precedenti, perchè esse danno il massimo risultato, ed il minimo. Preso un risultato medio fra i risultati delle sperienze più esatte, la capacità dell' acqua si trovò a quella del frumento come 2, 1 ad 1; e questo è probabilmente un risultato prossimo al vero.

Il leggitore s' accorgerà che la proporzione fra i calori comparativi dell' acqua e del grano dedotta da queste sperienze è ben diversa da quella che fu annunziata nella prima edizione di quest' opera. Io però fin d' allora travedeva qualcuna fra le molte cagioni che influiscono a render dubbie e fallaci le illazioni dedotte da siffatti esperimenti.

Nelle mie prime sperienze intorno al frumento io esplorava la temperatura della miscela per mezzo di due termometri, l' uno alla superficie, l' altro al fondo; e siccome la miscela nel decorso del primo minuto non si agitava abbastanza per indurre una egual diffusione del calore, così diveniva difficile il combinare le rispettive posizioni de' due termometri, onde ottenerne con esattezza la temperatura media. Di più si facea la miscela in un vaso di larga bocca, che esponeva molta superficie all' aria, onde essa raffreddavasi troppo sollecitamente. Corse perciò una notabile inesattezza nella determinazione dei calori comparativi del grano e dell' acqua rilevata da que' primi esperimenti.

A qualche giustificazione di questa inesattezza io debbo qui osservare, che essa non nacque da ve-

verun errore nell' osservazione e nell' avveramento de' fatti. Il risultato delle prove rinovate in appresso mi ha persuaso che chiunque volesse prendersi la briga di ripeter quelle mie sperienze nel modo medesimo con cui furono eseguite, incontrerebbe una serie di fatti prossimamente analoghi.

Nè con questo pretendo io già sostenere che al ripetere tali sperienze possa ottenersi giammai una perfetta ed assoluta identità di risultati. Fin nella prima edizione io feci riflettere che qualche cangiamento di temperatura nell' ambiente della camera, qualche diversità nel tempo impiegato a far la miscela delle due sostanze, qualche differenza nella forma del vaso, nella maniera, o nel grado dell' agitazione del misto, porterà spesso un divario notabile ne' risultati d' uno stesso esperimento. Ma posso affermar francamente che si avranno de' risultati assai prossimi, qualunque volta si ripeteranno gli esperimenti colla dovuta avvertenza a queste sorgenti d' errore: e quel mio primo sbaglio nel determinare il calor comparativo del grano, derivò nella massima parte da un errore nel dedurre la temperatura media del misto da certi dati, i quali però erano stati osservati con attenzione, e fedelmente riferiti.

Abbiam di sopra asserito che nella seconda sperienza se l' acqua ed il frumento non si fossero ridotti ad una comune temperatura nel corso del primo minuto, la perdita di calore sarebbe comparsa men grande la seconda volta che si rinovò l' agitazione, che non la terza. Ciò resta provato dalla seguente sperienza.

Sperienza III.

Aria della camera a - - - - - - 56
Ventidue once di frumento ben asciutto a - - - - - - - - - 55
mescolate con venti once d'acqua a - - - - - - - - - - 126, 75

Le circostanze furon le medesime della sperienza precedente, se non che il miscuglio non fu punto agitato: fu la temperatura

dopo	1 minuto -	100, 25	
	2 - - - -	100, 75	
	3 - - - -	101	+
	4 - - - -	101, 5	
	5 - - - -	102	-
Quì s'agitò il misto per 12 volte, e la temperatura fu alla fine del	6 minuto -	103	+
	7 - - - -	103	+
	8 - - - -	103	
	9 - - - -	103	
	10 - - - -	103	
	11 - - - -	102, 75	
	12 - - - -	102, 75	-
	13 - - - -	102, 5	
	14 - - - -	102, 5	-
	15 - - - -	102, 25	
	16 - - - -	102, 25	-
	17 - - - -	102	
	18 - - - -	102	
	19 - - - -	102	-
	20 - - - -	101, 75	

22	101, 5	
24	101	
26	100, 5	
28	100	
30	99, 5	
32	99	
34	98, 5	
36	98	
38	97, 25	+
40	96, 75	
42	96	+
44	95, 5	

Ove apparisce che quando le due sostanze mescolate non vennero agitate sul principio della sperienza, il termometro continuò a salire pe' primi cinque minuti, dopo i quali agitata la miscela, esso salì tutto ad un tratto di un grado. La prima volta che osservai questo fenomeno nella mescolanza dell' acqua col grano, io lo credetti originato da sviluppo di calor sensibile che si facesse in grazia d'una chimica combinazione di queste due sostanze. Ma fui tosto disingannato al vedere che accadeva lo stesso nel mescolare allo stesso modo l'acqua coll' arena. Variando la sperienza, ed esplorando la temperatura del misto alla superficie ed al fondo, io venni a scoprire che la salita del termometro nasceva dall' ineguale distribuzion del calore, e dalla differenza tra le capacità dell' acqua e del grano.

Difatti non agitandosi il misto al principio della sperienza, l'acqua ed il grano non si riducevano a una temperatura comune nel decorso del

primo minuto: e siccome il termometro prendeva dalla superficie fino al fondo della miscela, esso segnava un qualche grado intermedio tra la temperatura del grano e quella dell' acqua. Ora abbiam di sopra notato che questo grado intermedio è minore della temperatura comune *, perchè essendo maggiore la capacità della sostanza più calda che non è la capacità della sostanza più fredda, ridotte le due sostanze ad un calor comune, più cresce la temperatura della sostanza più fredda, che non scema quella della più calda. Perciò il termometro seguì salendo fintantochè la miscela fu ridotta per mezzo dell' agitazione nel sesto minuto ad una comune temperatura, dopo la quale cominciò pian piano a discendere. Se la temperatura del frumento fosse maggiore di quella dell' acqua, avverrebbe l' opposto: agitata la miscela, il termometro calerebbe tutto in un tratto di alcuni gradi.

Per esperienze analoghe alle descritte finquì, io ho cercato a determinare i calori comparativi di molti vegetabili farinacei, e d' alcuna tra le più comuni animali sostanze alimentari. Eccone i risultati nella seguente Tavola.

Ta-

* Vedi le riflessioni sopra le sperienze fatte coll' acqua, e colla sabbia pag. 81, 82.

Tavola de' calori comparativi d' alcune sostanze vegetabili ed animali, riferiti a quello dell' acqua.

Acqua comune	1, 000
Fava da cavalli	0, 502
Riso	0, 506
Frumento	0, 477
Vena spogliata de' baccelli	0, 416
Piselli	0, 492
Orzo sgusciato	0, 421
Carne magra di bue	0, 740
Pelle di bue col pelo	0, 787
Polmoni di pecora	0, 769
Latte fresco di vacca	0, 999
Sangue arterioso d' un cane	1, 030

Nel corso delle mie sperienze sopra i vegetabili farinacei ho trovato che talun d' essi ridotto in polvere, e mescolato coll' acqua calda, produce calor sensibile. Ciò si vedrà nella sperienza che segue.

Sperienza IV.

Aria della camera a - - - - - - 62

Ventidue once di frumento grossamente polverizzato furon mescolate con diciotto once d' acqua: eguagliato il calor della miscela per il solito mezzo dell' agitazione, la temperatura esplorata con un termometro che giungeva da cima al fondo fu dopo 2 minuti - - - - 94, 5

3 - - - - - - - - 94, 5

4 - - - - - - - - 94, 5 +

5	95	—
6	95	+
7	95, 25	
8	95, 5	
9	95, 5	+
10	95, 75	
11	95, 75	+
12	96	—
13	96	—
14	96	—
15	96	
16	96	+
21	96	+
26	96	
31	95, 75	

Il frumento si gonfiò durante la sperienza, e sul fine era cresciuto a tal mole che non restava più interamente coperto dall' acqua.

Dalla progressiva salita del termometro per lo spazio di venti minuti, egli è chiaro che dovette prodursi calor sensibile.

Coerentemente a questa osservazione ho pure trovato, che se l' acqua e il frumento si mescolano, poi si lasciano raffreddare, quindi la miscela di nuovo si riscalda, e nuovamente si lascia raffreddare, il raffreddamento progredirà assai più lentamente la seconda volta che non la prima. Il che prova che l' acqua rimasta per lungo tempo in contatto col grano, divien suscettibile coll' ajuto d' un mediocre riscaldamento di contrar chimica unione col medesimo, e di eccitare calor sensibile.

Calor

Calor sensibile si eccita pur anche col mescolare polvere di fave, di piselli, di riso, d' avena, e d' orzo coll' acqua alzata a gr. 120.

La mia prima intenzione nel polverizzar grossamente questi legumi, fu di abilitarli a poter essere sollecitamente ed intimamente mescolati coll' acqua, cosa molto utile all' esatta determinazione de' lor calori rispettivi.

Furon ridotti in polvere nella maniera seguente. Si macinarono prima per ridurli in farina; se ne fecero quindi delle sottili focacce impastandoli coll' acqua, e queste furon cotte nel forno fino a divenir secche e friabili: indi furon polverizzate pestandole in un mortajo. Questa polvere grossolana si mesce prontamente coll' acqua: laddove a mescolar coll' acqua le farine di questi legumi si richiede assai tempo, e molta agitazione.

Quando le polveri preparate così si mescolavano intimamente coll' acqua, si trovò, come ho detto, che producevano calor sensibile; il che rendeva in qualche grado fallaci i risultati delle sperienze fatte all' oggetto di determinarne i calori comparativi. Per ciò ebbi ricorso al metodo che fin da principio aveva adottato di mescolar coll' acqua queste sostanze tali quali erano; poichè così o non producon esse alcun calore sensibile, o se pur ne producono, è si poco da non alterare sensibilmente il risultato delle sperienze: ed allora i calori comparativi ponno essere determinati con molta accuratezza, se pure si usino le mentovate avvertenze, e quella in par-

ticolare di far sì che il miscuglio si raffreddi a bell'agio. Così la perdita di calore nell'agitazione necessaria ad indurre una temperatura uniforme, sarà tenuissima e disprezzabile.

Le sperienze precedenti provano in generale, che la carne, il latte, e le sostanze vegetabili contengon meno calore assoluto che l'acqua, e l'acqua meno che il sangue arterioso. Il sangue arterioso contien dunque più calore assoluto che non ne contengono i principj de' quali esso è composto. Questa vistosa accumulazion di calore nel sangue arterioso mi condusse a sospettare che esso assorbisca il calore dall'aria nel processo della respirazione. Sempre più mi confermarono in questo sospetto le riflessioni seguenti.

I. Gli animali forniti di polmoni, che ispirano continuamente nuova aria a dose abbondante, hanno la facoltà di mantenersi ad una temperatura molto più alta dell'atmosfera ambiente. Ma gli animali sprovvisti d'organi respiratorj sono assai prossimamente alla temperatura stessa dell'ambiente in cui vivono.

II. Fra gli animali a sangue caldo quelli sono i più caldi che hanno organi respiratorj più ampj, e perciò ispirano maggior quantità d'aria in proporzione del loro volume. Gli organi respiratorj degli uccelli in proporzione della loro grandezza sono più ampj di quelli d'ogni altro animale: e gli uccelli appunto hanno il massimo grado di calore animale.

III. Nello stesso animale il grado di calore è in qualche modo proporzionale alla quantità d'aria ispi-

ispirata in un dato tempo. Così il calor animale è accresciuto dall' esercizio, e da qualunque altra causa che acceleri la respirazione.

Queste riflessioni m' invitarono ad una più minuta disamina del presente argomento: ed eccone il risultato nelle proposizioni che seguono.

Proposizione I.

1. La quantità di calore assoluto contenuta nell' aria pura resta diminuita nel cangiamento che essa subisce ne' polmoni degli animali. 2. La quantità di calore contenuta in ogni aria respirabile è prossimamente proporzionale alla facoltà che ha quest' aria di sostener la vita animale.

Prima di venire alla prova diretta di questa proposizione egli è necessario esaminare il cangiamento che subisce l' aria nel processo della respirazione. Convengono oggi i fisici generalmente che l' aria atmosferica sia principalmente composta di due specie diverse di fluidi permanentemente elastici, distinti da *Priestley* coi nomi di aria flogisticata, ed aria deflogisticata.

Se una certa dose d' aria atmosferica tengasi in una giara capovolta in contatto dell' acqua, da cui mediante l' ebullizione sia stata tolta l' aria, essa si risolverà ne' due fluidi mentovati; la parte pura verrà attratta dall' acqua; la parte infetta e flogisticata resterà nel vaso non assorbita.

Di più se l' aria flogisticata e la deflogisticata si mescolino insieme secondo certe proporzioni, ne risulterà un fluido elastico, prossimo se non del

tutto

tutto somigliante all' aria comune. Questi dunque sono e per sintesi e per analisi i principj costituenti l' atmosfera; l' aria deflogisticata formando circa un quarto della massa totale, e gli altri tre quarti essendo in massima parte composti d' aria flogisticata.

Di questi due principj costituenti, la sola aria pura è cangiata nella respirazione animale. Io credo ciò evidente per le seguenti sperienze.

Collocate un animale in una limitata quantità d' aria atmosferica, confinandolo in una campana capovolta sopra l' acqua; dopo certo tratto di tempo esso cadrà convulso, e morrà: si troverà che l' aria della campana è diminuita di circa un quinto del suo volume, e che il residuo è aria flogisticata mista con piccolissima porzione d' aria pura, la quale per esser troppo dispersa e diffusa nell' aria flogisticata si è renduta inetta a servire alla respirazione. Se fate lo sperimento sopra acqua di calce, essa s' intorbiderà, vi si manifesterà la precipitazione della terra calcare, e la quantità del precipitato sarà proporzionale alla diminuzione dell' aria. Se operate sopra il mercurio, non avrete diminuzion sensibile; ma introducendo nella campana una piccola quantità d' alcali caustico, esso diverrà alcali dolce, e l' aria resterà diminuita come se l' esperimento si facesse sull' acqua.

Se la campana capovolta sopra il mercurio contiene aria deflogisticata invece d' aria atmosferica; e se l' animale chiuso nella campana si trae fuori tosto che comincia a mostrarsi infermo, e vi

si

si fa passare l'alcali, si avrà una diminuzione assai più vistosa. Colla ripetuta introduzione dell' animale e dell'alcali potrete far sparire l'aria deflogisticata quasi tutta *. Di quì segue ch' egli è la parte deflogisticata dell' atmosfera che serve al mantenimento della vita animale, e che è alterata dall'azion de' polmoni.

Quest' alterazione consiste probabilissimamente in ciò, che l' aria pura si converte in aria fissa per l' unione che contrae coll' aria infiammabile o colla sua base durante il processo della respirazione. Che abbia luogo ne' polmoni quest'unione, si prova dalle riflessioni che seguono.

Egli è troppo noto che il sangue nella circolazione soggiace a un notabile cangiamento di colore; giacchè il vivido sangue arterioso, passando per le capillari al sistema venoso, prende una tinta livida e scura, e riacquista poi ne' polmoni il suo colore florido e vivace. Il Dr. *Priestley* ha trovato che simili alterazioni s' inducono nel color del sangue coll' esporlo all' aria pura, ed all' aria infiammabile. Esposto il vivo sangue arterioso all' aria infiammabile, o a qualunque altro fluido aereo che si sappia contener l' aria infiammabile o la sua base, esso s' investe tosto della tinta livida e cupa del sangue venoso. Il sangue venoso al contrario esposto all' aria pura acquista la floridezza e la vivacità dell' arterioso. E queste alterazioni han pur luogo egualmente quand' anche una sottile membrana o vescica sia frapposta tra

* V. *Lavoisier* e *Laplace* Memoria sul Calore letta all' Acc. Real. delle Scienze li 18 Giugno 1783, pag. 52.

tra l'aria ed il sangue. Lo stesso fisico ha rilevato che l'aria e il sangue adoperati a queste sperienze subiscono reciproci cangiamenti. L'aria pura si guasta esposta al sangue venoso: e pel contrario l'aria infiammabile è assorbita, l'aria flogisticata migliorasi, esposta che sia al sangue arterioso. Questi ultimi fatti ne mostrano che il sangue ha una decisa affinità coll'aria infiammabile o colla sua base.

Che l'aria infiammabile introdotta entro le vene d'un animal vivente possa produrre un cangiamento di colore nel sangue, il conferma una sperienza tentata dal mio industre amico Dr. *Hamilton*. Ei fece tre legature alla vena jugulare d'un gatto, e la porzion di vena intercetta tra due di esse, vuotata prima di tutto il sangue, la riempì d'aria infiammabile. Rinserrata l'aria infiammabile ivi entro col chiudere la sottile puntura per cui era stata introdotta, sciolse la legatura di mezzo, e permise così che il sangue che era nella porzion di vena intercetta tra le altre due legature si mescesse all'aria infiammabile. Scorsa un ora fu estratto il sangue dalla vena in quella parte: esso si trovò fluido, e divenuto nero quasi al par dell'inchiostro. Nello stesso tempo che si faceva quest'esperimento, si fece in modo che una quantità di sangue incirca uguale restaste anch'essa per lo spazio d'un ora intercetta fra due legature fatte nella vena crurale dell'animale medesimo. Estratto ancor questo sangue, si trovò alquanto coagulato, non però tanto da non potersi mescolare coll'acqua. Si versarono adunque

egua-

eguali quantità d' acqua sopra queste due diverse masse di sangue: e si vide che quel sangue che era stato a contatto coll' aria infiammabile comunicava all' acqua una tinta molto più carica dell' altro sangue tratto dalla vena crurale. Di quì apparisce che l' aria infiammabile introdotta nelle vene d' un animal vivente, accresce il livido color del sangue, e nello stesso tempo ne diminuisce la tendenza alla coagulazione. L' aria infiammabile usata in questo sperimento era sviluppata dalla limatura di ferro disciolta nell' acido vitriolico. Ma non è a dubitare che lo stesso effetto si sarebbe ugualmente ottenuto esponendo il sangue a quella specie d' aria infiammabile che si ottiene dalle sostanze animali.

Giacchè dunque il sangue arterioso soffre nelle capillari quello stesso cangiamento di colore che soffre venendo esposto all' aria infiammabile; giacchè esso ha sensibile affinità con quest' aria; giacchè il calore e la tendenza degli umori alla putrefazione promuove lo sviluppo dell' aria infiammabile dalle sostanze animali; noi possiam credo accertatamente conchiudere che il cangiamento che prova il sangue nelle capillari nasce dall' imbeversi esso d' aria infiammabile. E siccome l' assorbimento dell' aria infiammabile o della sua base produce il cangiamento di colore indotto nel sangue nella sua circolazione per le capillari, così possiam conchiudere ancora, che quando il sangue ricupera il suo florido colore ne' polmoni, esso perde questo principio infiammabile. Nella qual conseguenza noi siamo tanto più affidati

fidati, quanto il sangue venoso ne' polmoni è esposto all' azione di quella specie d' aria, la quale in altri processi flogistici si combina, come è noto, col principio infiammabile. Adunque nel processo della respirazione l' aria pura ricevuta entro i polmoni si combina con una porzion dell' aria infiammabile contenuta nel sangue venoso.

Le sostanze che risultano dall' unione di questi due gas ne' processi flogistici sono fra loro differenti, perchè l' aria infiammabile che è uno degl' ingredienti può essere di varie specie. L' aria infiammabile ottenuta dalla dissoluzion de' metalli nell' acido vitriolico differisce in alcune proprietà da quella che si ottiene da sostanze vegetabili o animali esposte all' azion del fuoco in recipienti chiusi. La prima è assai più leggera della seconda; la prima all' introdurvi una candela accesa fa scoppio, la seconda brucia con fiamma tranquilla e lambente; il prodotto che si ha dalla combustion della prima in una determinata dose d' aria pura ed in recipiente chiuso, è acqua; il prodotto della combustion della seconda è aria fissa.

Quest' aria fissa che s' incontra in quest' ultimo caso, o convien dir che preesistesse nell' aria infiammabile, oppure che producasi dall' unione di quest' aria o d' alcuna parte di essa coll' aria deflogisticata. Le sperienze di *Priestley* * mostrano ch' essa generalmente parlando non preesiste nell' aria infiammabile; perchè in alcune sperienze nelle quali si mescolavano insieme aria pura ed aria in-

* V. *Priestley* Sperienze su varj rami della Filosofia Naturale, Vol. III. pag. 272.

infiammabile, ed il miscuglio accendevasi colla scintilla elettrica, la quantità d'aria fissa che risultava dalla combustione era molto maggiore della intera quantità d'aria infiammabile abbruciata. Dal che è manifesto che l'aria fissa rinvenuta in queste sperienze deve essersi o tutta o in parte formata da una combinazione dell'aria infiammabile o di qualche principio in essa contenuto coll'aria deflogisticata.

L'aria fissa dunque sembra prodotta dalla combinazione dell'aria deflogisticata coll'aria infiammabile pesante de' vegetabili, o con alcuna delle sue parti costituenti. Ora abbiam fatto vedere che quest'aria infiammabile si unisce al sangue nelle capillari, e si sviluppa dal medesimo nel processo della respirazione. Giacchè dunque si è trovato che nella espirazione esala da' polmoni aria fissa, ed insieme una porzion d'aria pura sparisce, v'è tutto il motivo di credere che l'aria fissa che risulta da questo processo nasca dall'unione dell'aria pura e dell'aria infiammabile, le quali ne' polmoni vengono scambievolmente in contatto. Nè varrebbe l'opporre che questi gas mescolati fra loro non si combinano se non quando venga loro applicato un corpo in istato d'ignizione: poichè le sperienze di *Priestley* ne assicurano, che l'aria infiammabile nel suo stato nascente o vogliam dire nell'atto del suo sviluppo può benissimo contrarre unione coll'aria pura anche senza l'intervento della fiamma.

Pur siccome le ingegnosissime sperienze di *Cavendish* provano che l'acqua è il risultato dell'

unio-

unione tra l'aria pura, e l'aria infiammabile svolta da' metalli per l'acido vitriolico; egli è possibile che una parte de' due gas puro, ed infiammabile che s'incontrano ne' polmoni, contraggan tra loro quella particolar guisa di combinazione dalla quale risulta l'acqua. Troveremo anche più probabile questa opinione, se riflettiamo che l'aria fissa risultante nelle mentovate sperienze di *Priestley* quantunque eccedesse notabilmente in peso l'aria infiammabile, pure non giungeva ad adeguare la somma delle due arie adoprate nell'esperimento. Da tutte queste riflessioni parmi poter conchiudere che l'aria pura ispirata combinasi col principio infiammabile sviluppato dal sangue, e per questa combinazione è cangiata parte in aria fissa, parte in vapor acqueo *.

Ciò premesso, per dimostrare la verità della proposizione enunziata, convien provare che l'aria pura contiene più calore assoluto di quel che ne contengano l'aria fissa e il vapore acqueo che esalano da' polmoni **.

Ho

* Dopo avere scritto questo paragrafo, ho risaputo che il Dr. *Higgins* è dello stesso parere. V. le Sperienze su l'aria acetosa.

** Alcuni fisici credono che l'aria deflogisticata venga assorbita dal sangue. Quest'opinione non sembra veramente sostenuta da alcun decisivo esperimento. Quand'anche però fosse verissima, essa non altera di guisa alcuna la teoria generale da me stabilita.

Poichè se l'aria deflogisticata restasse assorbita, converrebbe che essa fosse poi separata da alcuno degli emuntorj. Altrimenti, s'avrebbe nel corpo animale una continua accumulazione

Ho posto molta cura ad esaminare le quantità comparative di calore contenute in questi diversi fluidi, e m'avanzo ora a dar conto del risultato di mie ricerche.

Nella prima edizion di quest'opera io feci riflettere che attesa l'imperfezion de' termometri, e la difficoltà di valutare ocularmente una frazione di grado, non era ad aspettare una precisa esattezza nelle sperienze dirette a determinare il calor dell'aria. Aggiunsi che mi proponeva di accertare in appresso i calori comparativi delle varie specie d'aria colla maggiore accuratezza possibile, variando sempre più i tentativi, ed usando termometri costruiti a bella posta. Ho poi ripetuto le mie prime sperienze con tutta la diligenza, e usando della più scrupolosa avvertenza a tutti gli elementi che potevano influire sui risultati, mi sono sforzato di appressarmi sempre più al vero. Quindi è che i calori de' varj gas rilevati dalle mie ultime sperienze si troveranno notabilmente diversi da quelli annunziati nella prima edizione. Con tutto ciò apparirà che le proposizioni generali sulle quali poggia la Teoria son sempre vere; ed io spero che presso gl'imparziali ed avveduti leggitori, la novità dell'argomento, e l'estrema difficoltà dell'intrapresa mi ser-

zione di quest'aria. Ora non si trova che alcuna secrezione contenga aria deflogisticata. Adunque quando pur si voglia supporre che quest'aria sia ricevuta nel sangue, convien dire che essa resti alterata nelle sue proprietà: e sembra evidente che venendo in contatto colle parti putrescenti del sistema essa debba esser cangiata in aria fissa ed in acqua, ed in conseguenza il suo calore assoluto debba scemare.

viranno di qualche giustificazione per gli errori che nella prima edizione son corsi.

La particolare difficoltà che s' incontra nel determinare i calori comparativi dei gas, trae origine in parte dalla fugace natura del calore, in parte dalla rarezza dei gas per cui non si può comodamente soggettare all' esperimento che quindici o venti grani de' medesimi, in parte finalmente dalle mutazioni a cui soggiacciono nella purezza, e nella quantità dell' umido che essi contengono.

Quando la sperienza si fa coll' introdurre pochi grani d' aria calda contenuta in una vescica in un egual volume di acqua, siccome la gravità specifica dell' acqua sorpassa di molto quella dell' aria, egli è manifesto che l' acqua non riceverà che pochissimo calore. Similmente adoperando altri fluidi aeriformi, le differenze nella quantità di calore che l' acqua riceve da ciascun d' essi saranno tenuissime; e però, giacchè le imperfezioni dei sensi, e quelle de' termometri, portano necessariamente in ogni sperienza un qualche grado di sbaglio, gli errori dell' osservazione avranno una proporzione considerabile alle differenze che dovrebbero accertarsi; quindi i risultati saran soggetti a molta incertezza.

Ad ovviare a questa difficoltà ho fatto prova di varj espedienti: ne riferirò brevemente alcuni pochi che mi apriron la strada ad accertare alcuna fra le più interessanti circostanze che meritano d' essere avvertite in siffatti tentativi, e mi condussero finalmente a far la sperienza con un metodo

do che mi sembra assolutamente decisivo. Il mio primo espediente fu questo.

In un tubo ricurvo di vetro di tal dimensione da contenere incirca mezz' oncia di limatura di ferro, si fece da un lato un piccol foro, per cui s' introduceva nel centro del tubo un mobilissimo termometro, che mantenevasi in questa situazione per mezzo d' un turacciolo di sughero esattamente adattato al foro stesso. All estremità inferiore del tubo si attaccava all' opportunità una vescica il cui collo era munito d' una chiave d' ottone. L' aria su cui volea farsi la sperienza, introdotta in questa vescica si alzava alla temperatura che si volea in un forno Ollandese, e quindi si facea passare attraverso la limatura spremendo la vescica con un torchio a cui era applicato un peso. Così una quantità considerabile d' aria calda si facea passare per una piccola quantità di limatura fredda. La vescica attorniavasi di fanella a più doppj, onde il calore restasse trattenuto nell' aria pel breve tempo impiegato a spremerla entro il tubo. Così pure per mezzo di molta fanella si tenea separata al possibile la vescica dal tubo.

Con questo apparato furon fatte le sperienze seguenti: avvegnachè non conducano direttamente al nostro scopo principale, sono esse però non immeritevoli d' attenzione, perchè illustrano l' argomento delle presenti ricerche.

Sperienza I.

Quattordici scrupoli di limatura di ferro s' introdussero nel tubo ricurvo di vetro; il termometro nel suo centro era a 49, 5; quaranta once misure d' aria atmosferica furon chiuse entro la vescica, riscaldate a 110, e forzate a passare a traverso la limatura per mezzo dello strettojo e del peso mentovato pocanzi. In 1′ 7″ circa, il termometro si levò a 57. S' alzò dunque di gr. 7, 5. Continuai per quasi tutto quel giorno a ripeter questa sperienza, ed osservai che il calore comunicato alla limatura di ferro scemava gradatamente; all' ultimo il risultato fu come segue. Il termometro al centro essendo a 48, 5 circa, 40 once misure d' aria atmosferica furono alzate a 118, e passate per la limatura come prima. In un minuto il termometro s' alzò a 50, 5. Ora dunque esso non s' alzò che di gr. 3. Quantunque io seguissi ripetendo l' esperienza colla maggior attenzione, la limatura di ferro era ridotta a tale stato, che l' aria calda intrusa nella medesima non potè mai comunicarle più che 2 gradi di calore. La trassi fuori dell' istrumento, e dall' aderenza de' grani fra loro ed all' interna parete del tubo m' accorsi che essa aveva assorbita notabile umidità.

Asciugata diligentemente la limatura ed il tubo, ripetei da capo la sperienza il dì seguente, e il termometro si rialzò come prima più di 7 gradi. Facendo replicatamente passar l' aria attraverso la stessa limatura, il calore comunicato scemò gradatamente, e la limatura si trovò inumidita come il giorno avanti. L' umi-

L' umidità contratta dalla limatura di ferro in questa sperienza derivò dalla vescica; ciò provasi dalle sperienze fatte col seguente apparato.

Un cannello vermicolare di rame *H K* (*Tav. I. fig. 6*) è fissato in una cassa di legno *F G*, la quale all' uopo empiesi d' acqua calda, o di liquido spermaceti; un estremo di questo cannello *M* termina in un tubo retto che traversa la parete della cassa, e s' inserisce in altro tubo d' ottone annesso al fondo della piccola boccia di vetro *A B* contenente la limatura; l' unione de' due tubi è sì precisa da non permettere ingresso all' aria esterna. Per simil guisa l' altro estremo del cannello vermicolare è congiunto colla vescica *C D* in cui trovasi l' aria. Al punto *E* s' inserisce nel cannello un termometro a tale profondità che la corrente dell' aria non può a meno di non urtar contro il di lui bulbo. L' estremità superiore della boccetta *A B* porta annesso il sifone *A L*, di cui l' altro capo entra nella campana *R S* sovrapposta alla tina di legno *P Q*. Alla campana è adattata una scala per cui misurasi appuntino la quantità dell' aria impiegata nella sperienza.

L' aria spremuta fuori della vescica collo strettojo già descritto, nel passar pel cannello vermicolare deve acquistare il calore del fluido che la circonda, e dopo aver comunicato questo calore alla limatura di ferro che fredda si trova nella boccia *A B*, passa appresso nella campana *R S* che è stata precedentemente riempita d' acqua.

Immaginai quest' apparato colla lusinga di potermene valere a determinare i calori comparati-

vi di diverse specie d' aria. Questa speranza mi andò fallita. Pur come ho detto i tentativi ch' io feci con quest' apparato riuscirono almeno a mostrar chiaramente l' influenza dell' umidità derivante dalla vescica. Non sarà inutile il vederlo.

Sperienza II.

Fu versato nella cassa F G dello spermaceti liquido a gr. 107, furon chiuse nella vescica circa 28 once misure d' aria atmosferica, e si fecer passare per mezzo dello strettojo e del peso a traverso il cannello vermicolare, e la limatura.

L' aria della vescica avea la temperatura dell' ambiente della camera. Passando pel cannello vermicolare essa prese il calore dello spermaceti, come lo mostrò il termometro destinato a misurarne la temperatura. Questo calore passò nella limatura, la quale ne venne in un minuto rialzata di 4 gradi.

Sperienza III.

Riempita di nuovo la cassa F G di spermaceti, s' introdusser nuovamente 28 once misure d' aria atmosferica nella stessa vescica da lungo tempo disusata, e quest' aria in un forno Ollandese fu gradatamente sollevata a 95. Allora fu spremuta attraverso il cannello e la limatura, e il calor che questa ricevè in un minuto montò ad 8 gradi.

In ambedue queste sperienze l' aria avea concepito il calore dello spermaceti, come lo mostrò il termometro inserito nel cannello. La differen-

za

za poi che si manifestò nel calore comunicato alla limatura rende evidente che nella seconda sperienza la vescica riscaldata comunicò dell' umidità all' aria contenuta; laddove nella prima sperienza essa non potea produr quest' effetto, non essendo stata preventivamente riscaldata.

Di quì ci si fa palese il motivo della successiva diminuzion del calore nelle sperienze esposte a pag. 116. La vescica che si adoperò in quelle sperienze avea contratta dell' umidità in grazia d' essere esposta all' aria esterna. La prima volta che essa fu riscaldata, comunicò parte di questa umidità all' aria rinchiusa. Nel filtrare quest' aria così umida attraverso la limatura di ferro fredda ed asciutta, il vapore sciolto nell' aria si condensò, la limatura s' inumidì, e molto calor sensibile dovette prodursi. Nelle consecutive ripetizioni dell' esperimento, la vescica più asciutta in grazia d' essere di frequente scaldata non comunicava più tanta umidità all' aria rinchiusa: questa però attraversando la limatura perdeva sempre meno e meno di vapore acqueo, finchè in ultimo essa era anzi in istato di assorbir dell' umidità dalla limatura, che di comunicargliene.

A conferma dell' esposta spiegazione ho fatta la sperienza di scaldare una vescica piena d' aria, e poi tuffarla nell' acqua fredda: ho trovato il calore comunicato all' acqua or maggiore or minore, secondo che la vescica comunicava all' aria rinchiusa or maggiore or minore umidità. Eccone alcuni saggi.

Introdussi 14 once misure d' aria comune in

una piccola vescica del peso di circa una dramma e mezza, digrassata prima lavandola con sapone ed acqua calda, ed asciugata perfettamente. La temperatura della camera essendo 50, l' aria della vescica fu sollevata gradatamente in un forno Ollandese alla temperatura di 101. Tuffata in 18 once d' acqua a 48, 6 entro tre minuti l' acqua montò a 49, 1 circa. Adunque l' aria ed insieme la vescica comunicarono all' acqua circa gr. 0, 5. Ma quando non si prendeva gran cura di asciugar perfettamente la vescica, il calore comunicato all' acqua in simili circostanze non era meno di gr. 0, 8 ovvero 0, 9. E quando si adopravan vesciche alquanto più grandi, come nelle sperienze riferite nella prima edizione, il calore comunicato sorpassò un grado.

Egli è dunque palese che l' umidità comunicata dalla vescica all' aria rinchiusavi induce considerabili alterazioni in siffatti esperimenti. E v' influisce non meno l' umidità che la limatura stessa potesse per avventura contenere. Di più dovendo l' aria nel passare alla boccia di vetro percorrere una porzione di tubo fredda, molto del suo calore si perdeva prima che essa venisse in contatto colla limatura. E' manifesto che il calcolo di questo calor dissipato non può esser che incerto e precario.

Trovando dunque accompagnato da tante incertezze questo metodo di sperimentare, io mi rivolsi ad altro mezzo per accertare le capacità relative delle varie specie d' aria. Questo fu di scaldar ciascun gas entro un fiasco di Firenze,

ze, poi tuffarlo nell' acqua: misurando la temperatura del gas con un mobilissimo termometro a mercurio introdotto nel centro del fiasco per un turacciolo di sughero che ne chiudeva la bocca; e quella dell' acqua con simili termometri aventi ogni grado della scala di Farhenheit diviso in dieci parti eguali.

Nelle prime prove ch' io feci a questa guisa, io riempiva il fiasco d' acqua avanti d' introdurvi l' aria. M' avvidi però ben tosto che l' umidità che rimaneva aderente all' interna superficie del fiasco rendea fallace e precario il risultato della sperienza. Perciò in appresso io riempiva il fiasco di mercurio prima d' introdurvi il gas. Le sperienze eseguite in questo modo mi mostrarono chiaramente che in parità di circostanze l' aria deflogisticata comunicava più calore all' acqua che non facea l' aria fissa o l' aria flogisticata. Ma gli errori che nascevano dai cangiamenti nelle rispettive situazioni del fiasco e de' termometri, e la difficoltà di tuffare il fiasco nell' acqua sempre colla stessa velocità, fecero conoscere che neppur quest' altra guisa d' esperimenti era abbastanza opportuna a determinare i calori comparativi de' fluidi elastici permanenti.

In alcuna delle mie sperienze adoprai un termometro a spirito di vino, avente ogni grado diviso in cento parti eguali distintamente visibili ad occhio nudo. Questo fluido assai più dilatabile pel calore che non è il mercurio sembrerebbe meritar la preferenza in simili esperimenti. Sperai di poter distinguere così le più tenui varia-

riazioni di calore; ma quì pure la mia aspettazione restò delusa.

Imperocchè in que' termometri ne' quali il bulbo contenente il fluido termometrico ha tanta proporzione all' ampiezza del calibro che ciascun grado può suddividersi in molte parti eguali, quel che si guadagna nella grandezza della scala si perde nella diminuita sensibilità dell' istrumento. Ho immerso l' anzidetto termometro nell' acqua la cui temperatura eccedeva quella del termometro d' un ottavo di grado; sinchè esso prendesse la temperatura dell' acqua non ci volea meno di un minuto e mezzo. Collocai lo stesso termometro insieme con un altro a mercurio assai sensibile in un piccol vaso d' acqua, che riscaldavasi per di fuori col contatto della mano: il mercurio salì qnalche grado più alto dello spirito di vino.

Poichè dunque i termometri grandi a spirito di vino sono assai difettosi in punto di sensibilità, e poichè d' altra parte quando sono applicati a sostanza che ha un calor variabile, non ne segnano mai la giusta temperatura; essi non son punto al caso per le delicate sperienze nelle quali è necessario misurare le più minute variazioni del calore *.

Ho ancor messi a prova de' termometri ad aria; questi avvegnachè molto sensibili, non servivano all' uopo, essendo difettosi in punto d' accuratezza.

Nel

* Diremo più sotto d' un nuovo metodo di adoprar con vantaggio ampj termometri a mercurio all' oggetto di determinare i calori comparativi dei fluidi elastici permanenti.

Nel corso delle mie sperienze su quest' argomento mi sono avveduto che l' aria fissa e l' aria flogisticata soffrono un cangiamento notabile quando si scaldano nelle vesciche. Ciò apparisce dalle prove seguenti.

Mi procurai dell' aria in tutto mefitica coll' introdurre aria comune per lo spiraglio d' una canna da fucile, il cui calcio contenente piccola quantità di pece fu esposto ad un calor rovente. Feci passare quest' aria ottenuta così per mezzo d' un sifone applicato alla bocca del fucile in una campana piena d' acqua. Esaminata diligentemente col metodo di *Priestley*, si trovò che due misure della medesima unite ad una misura d' aria nitrosà occupavan lo spazio di tre misure. Allora introdussi un quarto e mezza pinta di quest' aria in una vescica sottile involta da una coperta di fanella, e la scaldai in un forno Ollandese posto avanti al fuoco acceso nella camera, finchè salì grado a grado alla temperatura di 130. Essa divenne così buona quasi al par dell' aria comune, giacchè due misure della medesima con una d' aria nitrosa occupavan lo spazio di due misure *. E' da notare che la sperienza si fece con una sottil vescica di porco che era stata prima molto stropicciata. Quando s' adopera una vescica piuttosto grossa, nè prima stropicciata, l' esperienza non riesce.

Un

* Mentre si riscaldava l' aria ottenuta di fresco dalla pece nel modo quì sopra descritto, un odor penetrante esalava dalla vescica: questo era assai meno sensibile, quando l' aria prima di scaldarla erasi tenuta lungamente in contatto coll' acqua.

Un simile miglioramento provò l' aria fissa scaldata entro le vesciche: però con assai maggiore difficoltà: più calore, e più lungo tempo richiedevasi ad ottenerlo.

Osserverò per ultimo che se l' aria scaldata in una vescica si tuffi in acqua che sia a un di presso alla temperatura dell' ambiente, in parità di circostanze essa comunicherà all' acqua meno calore, di quel che le comunicherebbe, se l' acqua fosse alquanti gradi al di sotto della temperatura dell' ambiente. E ciò perchè in quest' ultimo caso una parte del calore comunicato all' acqua deriva dall' aria esterna, in grazia dell' agitazione indotta nell' acqua coll' immersione della vescica. L' error che può nascere da questa cagione può valutarsi per mezzo della sperienza che segue.

L' aria della camera essendo a 75, 5 con un buon termometro si esplorò la temperatura d' una pinta d' acqua in un vaso di stagno, e si trovò 74, 5. Vi si tuffò prontamente una pinta d' aria atmosferica chiusa in una vescica, ed avente precisamente lo stesso calore dell' aria della camera, ed in quel punto l' acqua s' alzò a 74, 6.

In conformità di questa riflessione io ho osservato che prendendo dell' aria flogisticata resa cinquanta volte più calda dell' aria della camera, indi tuffandola in acqua che sia d' un grado inferiore alla temperatura dell' atmosfera, essa le comunica più calore che non farebbe se l' acqua fosse solamente di mezzo grado sotto la temperatura dell' atmosfera; l' eccesso è di circa gr. 0, 1.

L' ac-

L' acqua che servì alla sperienza precedente si alzò fino a 75, 1 e dopo ciò fu lasciata nella stessa camera per più d' un ora; in questo tempo essa si raffreddò per l' evaporazione a 74, 5; quì restò stazionaria, l' aria nella camera essendo tuttavia 75, 5.

In altra sperienza fatta precedentemente essendo l' aria della camera a 72, 5 e introdotto lo stesso termometro in una pinta d' acqua che si era riscaldata nello stesso vaso a 72, 5; la temperatura dell' acqua calò in breve a 72, l' aria rimanendo tuttavia a 72, 5.

L' ultima sperienza fu ripetuta con eguale successo essendo l' aria a 65.

Ciò sembra provare che l' evaporazion superficiale dell' acqua non è sempre proporzionata al calore dell' aria esterna; talora è la stessa a diverse temperature, talor diversa alle temperature medesime.

Dalle osservazioni fin quì riferite si può raccogliere che nelle sperienze dirette a determinare i calori comparativi de' fluidi aeriformi si esigono le avvertenze seguenti.

I. I fluidi aeriformi che si assoggettano alla sperienza siano scevri d' umidità: almeno la quantità d' umido che essi contengono sia il più che si può eguale ed uniforme.

II. Si procuri che questi gas non soffrano alcun cangiamento durante la sperienza.

III. Se la sperienza si fa immergendo il gas nell' acqua, si faccia che la temperatura dell' acqua prima dell' immersione sia alquanto più bas-

sa di quella dell' ambiente. La differenza tra la temperatura dell' ambiente e quella dell' acqua sia sempre la medesima nelle diverse sperienze.

IV. Il gas s' immerga colla maggior sollecitudine, e con velocità eguale nelle diverse sperienze.

V. Per render maggiori le differenze tra i calori che i diversi gas comunicano all' acqua, egli è opportuno il sollevarli a molto alta temperatura prima d' immergerli: poichè i calori comunicati dai gas, e in conseguenza le differenze di questi calori, saranno prossimamente proporzionali all' eccesso della loro temperatura sopra quella dell' acqua entro cui s' immergono.

Havvi però un certo limite: giacchè se il gas sarà sollevato ad altissima temperatura, una parte dell' acqua cangerassi in vapore al momento dell' immersione, e molto si perderà di calore. Se usiamo di olio invece dell' acqua, alzando il gas ad un intenso calore, incontreremo quest' altro inconveniente di più, che ci vorrà un tempo considerabile dopo l' immersione a ridur l' olio ed il gas ad una comune temperatura. Ho trovato che il gas, generalmente parlando, può alzarsi senza inconveniente al grado incirca dell' acqua bollente.

VI. Si adopriń termometri assai sensibili, ma che nello stesso tempo abbiano una scala larga al possibile. Queste due qualità sono difficili a combinarsi nello stesso istrumento. Possono tuttavia in qualche grado riunirsi coll' usare di piccoli termometri a mercurio di sottilissimo calibro.

Fra i diversi fluidi applicati all' oggetto di misu-

surare le minime alterazioni del calore, il mercurio è assolutamente il migliore: l' aria è difettosa in punto d' accuratezza; tutti gli altri fluidi tranne l' aria sono inferiori al mercurio nella sensibilità.

VII. Nelle diverse sperienze i termometri si tengano precisamente alla stessa distanza dalla vescica o vaso che rinchiude il gas, e dalla superficie, e dal fondo dell' acqua.

VIII. Egli è di somma importanza che il gas e l' acqua acquistino prontamente una comune temperatura: e che l' acqua sia raffreddata il più lentamente che si può dalla sovrastante atmosfera.

Con queste precauzioni in mira io immaginai per determinare i calori comparativi delle diverse specie d' aria un nuovo apparato, del quale ecco una breve idea. *A B*, *C D* (*Tav. II fig.* 1) rappresentano due vasi cilindrici d' ottone d' egual peso ed ampiezza, che terminano ne' tubetti o gambi *l s*, *r k*, alle estremità de' quali sono infisse le chiavi d' ottone *s*, *k*. Queste chiavi sono unite ad una traversa *M N*, composta di due lastre elastiche d' ottone, strette a vite fra loro nel mezzo, ma che ponno essere alcun poco disgiunte alle estremità. Per conseguenza i colli delle chiavi che sono infissi ne' gambi de' vasi d' ottone possono introdursi tra queste estremità, ove s' annicchiano in alcune scanellature formate a posta per riceverli, e si fermano con piccole viti che passano per le estremità delle lastre. Al mezzo della traversa *M N* è fissato un occhiello quadro,

la

la cui superficie interna è perfettamente levigata, di tal grandezza da potersi esattamente adattare alla spranga dritta *E F* levigata essa pure, e da potersi allo stesso tempo girare agevolmente sopra la medesima. Ad eguali distanze dalla spranga *E F* sono collocati i vasi di latta *G H*, *I K*, che hanno ampiezza maggiore poco più del doppio de' cilindri d' ottone. Le distanze de' vasi e de' cilindri sono talmente compartite, che quando i cilindri si fanno calar giù, la spranga e l' occhiello li conducono precisamente nei centri de' vasi di latta: e quando nel calare sono arrivati alla distanza d' un ottavo di pollice dal fondo di questi vasi, sono arrestati da una spilla infissa nella spranga verticale al punto *T*. I cilindri essendo destinati a ricevere i gas de' quali voleansi misurare i calori comparativi, furon fatti assai leggeri, onde le quantità dei gas avessero la maggior proporzion possibile al peso de' vasi che le racchiudevano. Per diminuire l' errore che nasce inevitabile dal calore comunicato dalle chiavi *s*, *k*, e dalla traversa *M N*, si fecero assai lunghi e sottili i tubi *l s*, *r k*, rimanendo così le chiavi distanti poll. $4\frac{7}{8}$ dai cilindri d' ottone. Ma questa lunghezza e sottigliezza de' tubi facea sì che la traversa *M N* non bastava a tenere i cilindri d' ottone ben fermi nel centro de' vasi di latta. Per ciò si aggiunse un altra traversa *O P*, che si vede per fianco nella figura seguente.

Quivi *a b* rappresenta (*Tav. II. fig. 2.*) una lastra d' ottone stretta ed assai grossa coll' occhiello

o p

o p mobile attorno la spranga verticale già descritta. A questa lastra *a b* ne' punti *o*, *p* sono ribadite le due lastre sottili *c n*, *d k*; le loro estremità *l*, *m* sono formate a scanellatura per ricevere una metà della circonferenza de' gambi de' cilindri d' ottone, mentre l' altra metà porta strettamente applicati due pezzi d' ottone scanellati essi pure, che si attaccan poi alle lastre colle viti *r*, *s*. Per gli estremi della lastra grossa *a b* passano due viti maschie *g*, *h* ed entrano in due viti femmine corrispondenti scolpite nelle lastre sottili *c n*, *d k*; per tal mezzo egli è chiaro che posson queste avvicinarsi alla lastra grossa o scostarsene. Questo movimento si comunica ai gambi de' due cilindri d' ottone, e con ciò posson essi aggiustarsi in guisa che al calar nell' acqua cadano precisamente nei centri de' due vasi di latta, ove son tenuti ben fermi. Le due traverse superiore ed inferiore son connesse per mezzo d' una sottil lastra d' ottone, che passa dall' occhiello della prima a quel della seconda, e che si ferma con viti. La vite che la ferma all' occhiello inferiore è di tale lunghezza che quando è tutta serrata avanza qualche poco oltre la superficie interior della lastra; e perciò l' apparato nel venir giù lungo la spranga verticale può esser fermato in qualunque punto della medesima.

Ciascuno de' due vasi di latta porta affissi due piccoli termometri a mercurio di diversa lunghezza: il più lungo arriva fino al centro del vaso, l' altro poco più basso della superficie.

I termometri *a b*, *c d* (*Tav. II. fig.* 1) destina-

ti a segnare il calor del vaso *G H* sono adattati ad una lamina d'avorio *e f*, che porta impresse due scale, una per termometro. Questa lamina è attaccata al vaso per mezzo d'un fermaglio *g h*, la di cui gamba consiste in due sottili lastre elastiche di metallo, unite alla cima, separabili nell'estremità più bassa. Per ricevere i termometri è aggiunto al vaso lo sporto *o v* di figura parallelepipeda. Il lato esteriore di questo sporto resta intercetto tra le due lastre della gamba descritta. Le lastre per l'elasticità loro vi restano strette, onde il fermaglio vien tenuto forte nella sua posizione, ed insieme può per notabil tratto alzarsi ed abbassarsi. Quindi può cangiarsi a piacere la profondità a cui son immersi i termometri; e per conoscerla esattamente, è segnata una scala di parti eguali sulla lastra esteriore della gamba. Per la parte superiore della gamba medesima passa una piccola vite maschia *S*, simile a quella che si adopera per aggiustar la posizione del foco d'un telescopio. Questa introducesi in una corrispondente vite femmina inserita nella lamina d'avorio che porta i termometri: e siccome la lamina è sospesa al fermaglio per mezzo d'una spilla attorno cui può liberamente muoversi, egli è manifesto che col girar questa vite si può far che i termometri s'accostino o che si scostino dal centro del vaso.

Per introdurre un terzo termometro di cui s'usò in alcune sperienze, si saldò una piccola vite femmina obbliquamente presso il fondo di ciascun vaso di latta. Per essa s'intrometteva il termo-

mometro nel vaso, e si fermava poi per mezzo d' una vite maschia cementata alla gamba del termometro stesso. Queste viti stringonsi scambievolmente in superficie piane arruotate sì bene, che chiudono senza l' ajuto di pezzi di cuojo in guisa da impedir il passaggio all' olio ed all' acqua. Finalmente due piccoli termometri a mercurio *l*, *r* divisi sul gambo stesso a punta di diamante s' introducono per mezzo di viti nei centri de' cilindri d' ottone, ad effetto di misurare i calori delle arie in essi contenute.

A liberare il gas dall' umidità, e ad introdurlo ne' cilindri d' ottone, ecco il mezzo che s' immaginò. Rappresenta *a b c d* (*Tav. I. fig. 7.*) una siringa di peltro, la quale all' uopo riempiesi d' acqua, e si pone capovolta sopra un vaso pien d' acqua. Stando la siringa così, vi s' introduce il gas su cui si vuol far la sperienza per mezzo d' un imbuto di vetro. Introdotto il gas, una cannuccia *g h* portante il robinetto *g* si fa passar sotto l' acqua, ed ivi si connette a vite coll' estremità della siringa. Tenendo aperto il robinetto, lo stantuffo *n o* si spinge un poco all' ingiù per espeller l' aria, della quale la cannuccia *g h* indispensabilmente si riempie mentre si avvita alla siringa. Chiuso allora il robinetto, levasi la siringa dall' acqua, e si avvita al cannello vermicolare *k l*, il quale è fissato nella cassa di legno *i m*, ed attorniato d' una miscela di neve e sale.

Una vescica flaccida spogliata prima di tutta l' aria che potesse restarvi coll' avvilupparla in uno spago, avente un robinetto d' ottone *p* fermato

al suo collo, s' unisce a vite all' estremo *l* del cannello. Allora col volgere i robinetti *p*, *g*, s' apre il passaggio per il cannello, e il gas a poco a poco si spreme fuori della siringa, e si fa entrar nella vescica, nella quale si trattiene rivolgendo il robinetto. Quindi la vescica piena di gas si disgiunge dal cannello, e si attacca a vite all' estremità di quella chiave che dicemmo esser fissata al gambo del cilindro d' ottone, il qual cilindro era stato prima vuotato d' aria per mezzo d' una tromba pneumatica. Allora s' apre la comunicazione col girare le chiavi, e il gas corre subito dalla vescica nel cilindro.

La miscela di sale e di neve di cui s' attornia il cannello spirale, ha per oggetto liberare il gas per quanto è possibile dall' umidità per mezzo del freddo che esso prova nel passaggio. Nè si potrebbero ragionevolmente opporre a questo metodo d' asciugar l' aria le sperienze che provano che il ghiaccio stesso svapora. Poichè *Wilson* ha scoperto per mezzo d' esperimenti statici, che a temperature molto basse non si fa evaporazione alcuna alla superficie della neve *.

E' di somma importanza che il cannello vermicolare, la vescica, il cilindro d' ottone siano asciutti perfettamente. Osservata quest' avvertenza, non ho mai trovato divario tra i calori comunicati all' acqua dal gas, o questo gas fosse stato

* Il *Wallerio* ha provato che l' evaporazione del ghiaccio è massima al momento della congelazione; ma che al crescer del freddo, essa sminuisce. V. le Memorie dell' Accademia Svezzese 1746. Le sue sperienze su questo punto combinano con quelle di *Musschembroek*.

stato raffreddato assaissimo prima d' introdurlo nel cilindro, o fosse introdotto semplicemente alla temperatura dell' atmosfera. Egli è però bene introdurre i gas a una temperatura alquanto più bassa di quella dell' acqua ne' vasi di latta; perchè così siam sicuri che l' umido, se pur ne contengono, non soffrirà condensazione.

Le sperienze di *Saussure* c' insegnano che l' aria dell' atmosfera alla temperatura di 65 Farh. non attrae che piccolissima quantità di vapore acqueo, bastando 11 o 12 grani di vapore a portare un piede cubico d' acqua dall' estrema siccità all' umidità estrema. Basterà dunque un terzo di grano a saturare di vapor acqueo pollici cubici 37, 9 d' aria, che è appunto il contenuto di ciascun de' cilindri. Lo stesso Autore ha provato similmente che piccolissime dosi d' acqua bastano a saturare gli altri fluidi aeriformi. Quando dunque ci assicuriamo che il nostro gas si trovi ad alcun de' gradi intermedj tra la massima siccità, e la perfetta saturazione, noi possiamo esser certi ch' esso non contiene che una scarsissima dose d' umidità.

I cilindri d' ottone si riscaldavano così. *A B* (*Tav. II. fig. 3.*) è una tina quadrangolare di latta che contiene i due vasi più piccoli *C D*, *E F* scorrevoli sul fondo *D F* nel quale possono situarsi così, che la loro scambievole distanza eguagli la distanza de' due cilindri d' ottone pieni di gas. Sono di tale grandezza, che introducendovi questi cilindri, essi li riempiono pressochè esattamente. L' acqua calda di cui s' empie la tina *A B*

toccando le superficie esterne de' vasi *C D*, *E F*, comunica loro del calore, e quindi ai cilindri introdottivi. Se i cilindri si fossero scaldati coll' immergerli immediatamente nell' acqua calda, molta umidità vi sarebbe rimasta aderente, che non avrebbe mancato d' indurre fallacia nell' esperimento.

Nairne, e *Blunt* eseguirono l' apparato fin quì descritto; presero essi gran cura, che i cilindri d' ottone fossero appuntino eguali in peso, in capacità, ed in tutte le lor dimensioni. Pesano onc. 7. dram. 3. gr. 38 *Troy* per ciascuno; la lunghezza è di poll. 8, 875; il diametro poll. 2, 375 presso la cima, e poll. 2, 625 presso il fondo. Ognun d' essi è capace di contenere once 20 *Troy* d' acqua, e però la solidità contenuta è di poll. cub. 37, 91. I vasi di latta sono essi pure eguali nel peso e nelle dimensioni. Son coperti di fanella assai densa all' oggetto di trattenere il più che si può il calore che i cilindri partecipano all' acqua.

I bulbi de' termometri non hanno più di poll. 0, 2 di diametro; sono perciò assai sensibili; il lor calibro è sì fino che ammette una scala molto estesa, essendochè ogni grado di Farhenheit vi è diviso in dieci parti distinguibili ad occhio nudo. Fu ben difficile impresa graduar quattro termometri di questa piccolezza per modo ch' essi si corrispondessero esattamente. Dopo molti tentativi se ne venne a capo finalmente dietro un lavoro d' alcuni mesi. Essi riuscirono così bene accommodati che non isvariavano l' un dall'

altro

altro più di 0, 1 di grado, fuorchè in un piccol tratto della scala verso il principio, dove lo svario era di 0, 2. Per ridurre sempre più e diminuire il divario si formò una scala degli errori, coll' immergere i termometri in un vaso che conteneva abbondante quantità d' acqua bollente, e coll' esaminare accuratamente in ciascun termometro gli abbassamenti corrispondenti alle diminuzioni di calore nell' acqua.

Passerò omai a riferir le sperienze eseguite con questo apparato. La prima ebbe per oggetto il far prova dell' esattezza dell' istrumento.

Sperienza I.

Asciugati perfettamente i cilindri, ed esauriti per mezzo d' una tromba pneumatica, vi s' introdussero eguali quantità d' aria atmosferica. Quindi furon posti nel bagno d' acqua già descritto, e vi restarono esposti al calor dell' acqua bollente per dieci minuti.

In ciascuno de' vasi di latta *GH*, *IK* (*Tav. II. fig.* 1) si versarono 20 once *Troy* d' acqua alla temperatura incirca dell' ambiente della camera. Si levò poscia dal fuoco il bagno d' acqua coi cilindri, e si collocò sopra un sostegno sotto la tavola su cui era collocata la spranga verticale, ed i vasi di latta. Allora i cilindri levati in un istante dal bagno furono calati per mezzo dell' occhiello e della spranga verticale nel centro dell' acqua esistente ne' vasi di latta, ove furon fermati per mezzo della vite serrata contro la spran-

ga medesima. Lasciati in questa situazione per 5 minuti, furon indi rimossi; l'acqua de' vasi s'agitò equabilmente per pochi secondi; indi esaminata la temperatura dell'acqua d'entrambi i vasi coll'osservare i termometri centrali coll'ajuto d'un microscopio, si trovarono coincidere cosicchè il divario non giungeva ad un ventesimo di grado. Questa sperienza fu ripetuta più volte sempre collo stesso successo, lasciando i cilindri entro l'acqua ora 8 ora 12 ora 16 minuti. I cilindri si riscaldavano in una camera contigua, poichè il fuoco acceso nella stessa camera ove si facea l'esperienza, turbando la costanza della temperatura, avrebbe renduto fallace l'esperimento.

Di quì avanti indicheremo colla lettera *R* il vaso di latta e il cilindro d'ottone posti a man destra; e colla lettera *L* quelli a mano sinistra.

Sperienza II.

Il cilindro *L* fu riempito come sopra d'aria deflogisticata: la purezza di quest'aria fu esaminata al fine dell'esperimento: essa riuscì tale che una misura della medesima unita a due d'aria nitrosa si ridusse allo spazio di una misura. Il cilindro *R* fu riempito di nuova aria atmosferica. In ciascuno de' vasi di latta furon versate 20 oncie *Troy* d'acqua.

L'aria della camera era a 58, 1.

Agitata per pochi secondi l'acqua de' vasi riuscì la temperatura nel vaso *R*, 57, 8; nel vaso *L*, 57, 8.

I cilindri esposti prima nel bagno d'acqua per 10 minuti all'azione dell'acqua bollente furon sollecitamente introdotti come nell'antecedente sperienza ne' vasi di latta. Vi si lasciarono per 14 minuti, nel decorso de' quali le temperature indicate dai termometri centrali furono come segue.

Minuti	*R*	*L*
1	58, 8 +	59, 1
2	59, 1	59, 3
3	59, 2	59, 4 —
4	59, 2	59, 4
5	59, 3	59, 5 —
6	59, 3	59, 5
7	59, 3	59, 5
10	59, 4	59, 6 —
14	59, 5	59, 7 —

Levati allora i cilindri e mossa l'acqua per breve tempo, la temperatura comune nel vaso *R* fu poco meno di 60; nel vaso *L* 60, 2. L'aria della camera era 60, 25.

Sperienza III.

Aria della camera a - - - - - - - 58, 6
Acqua in ciascuno de' vasi di latta a - 59, 5

Nel cilindro *L* s'introdusse aria deflogisticata della stessa bontà di quella usata nella passata sperienza, e nel cilindro *R* aria atmosferica.

I due cilindri furono scaldati e immersi nell'acqua come prima; ed osservate le temperature per mezzo de' termometri centrali e superficiali si trovarono come segue.

Mi-

	R		L	
Min.	Centro	Superficie	Centro	Superficie
2	61, 1 +	62, 9	61, 2 +	63, 1
3	61, 1 +	62, 9	61, 3 —	63, 1
4	61, 2 —	62, 8 +	61, 4 —	63, 1
5	61, 2 +	62, 8 +	61, 4 —	63 +
6	61, 2 +	62, 8 +	61, 4	63 +
7	61, 2 +	62, 8	61, 4	63 +
8	61, 2 +	62, 8	61, 4	63 +
9	61, 2 +	62, 7 +	61, 4 +	62, 9
10	61, 2 +	62, 7 +	61, 4 +	62, 9
11	61, 2 +	62, 7	61, 4 +	62, 9
12	61, 2 +	62, 7	61, 4 +	62, 9

Tolti i cilindri ed agitata alquanto l' acqua, fu la temperatura comune in *R* 61, 5 + in *L* 61, 7 + L' aria della camera essendo allora poco meno che a 61.

Osserverà il lettore che nel decorso di queste sperienze, la temperatura dell' aria della camera crebbe tanto da eguagliare a un di presso quella dell' acqua contenuta ne' vasi di latta. Provenne quest' accrescimento dal calore delle persone presenti, e dalle candele accese nella camera al principio della sperienza.

Se la temperatura dell' aria della camera non fosse cresciuta a proporzione incirca di quella dell' acqua, la differenza tra i calori comunicati dall' aria deflogisticata e dall' atmosferica, scemerebbe gradatamente nel decorso della sperienza, e giungerebbe a svanir del tutto. Perchè quantunque i vasi di latta fosser coperti da inviluppi che eran cattivi conduttori del calore, tuttavia quan-

quando l' aria della camera ha temperatura più bassa dell' acqua in cui sono tuffati i cilindri, non si può mai impedir del tutto il dissipamento del calore; essendo che non conosciamo in natura sostanza alcuna assolutamente impermeabile a questo principio. Quindi segue che quando l' acqua a cui i gas de' cilindri comunican del calore è posta in un ambiente atto a raffreddarla, quell' acqua a cui vien comunicato più di calore lo perderà più presto dandone più ai corpi circostanti. Però l' eccesso del calore comunicato dall' aria pura sopra quello comunicato dall' aria atmosferica scemerà per gradi, e in ultimo svanirà.

Egli è chiaro che nelle sperienze precedenti furono evitate molte di quelle sorgenti d' errore che accennammo.

Gli effetti dell' umidità si prevennero coll' asciugar perfettamente i cilindri, e coll' introdurvi le arie ad assai bassa temperatura. I due gas esposti per ugual tratto di tempo all' azion dell' acqua bollente, dovetter certo acquistare lo stesso grado di calore. Tolti del bagno, e introdotti nell' acqua allo stesso momento, dovettero essere immersi colla stessa velocità. L' acqua ne' vasi di latta prima dell' immersione avea prossimamente la stessa temperatura dell' aria della camera; e i calori ad essa comunicati venivano segnati da termometri esatti, molto sensibili, e forniti d' un ampia scala. Dopo l' immersion de' cilindri la temperatura dell' aria della camera crebbe gradatamente in guisa da mantenersi presso a poco eguale alla temperatura dell' acqua sulla fine dell' esperimento:

to: quindi in gran parte eran tolti gli errori che potean sorgere dal diseguale raffreddamento dell' acqua. Il nostro apparato preveniva ancor la fallacia che potesse temersi dai calori comunicati da' cilindri che racchiudevano i gas. Poichè essendo questi cilindri affatto eguali in peso, in capacità, e in temperatura, dovettero entrambi comunicare lo stesso calore all' acqua; e però i loro effetti dovevano controbilanciarsi. Onde è palese che la differenza osservata in queste sperienze è ad attribuire unicamente alla differenza de' calori comunicati dall' aria deflogisticata e dall' aria atmosferica.

La sperienza che segue appresso farà vedere che se ambedue i cilindri racchiudon aria atmosferica, e se al principio della sperienza l' acqua in uno de' vasi di latta abbia temperatura più alta che nell' altro di soli due decimi di grado, questa differenza rimane sensibile per il tratto di 12 minuti, e si palesa eziandio nell' acqua anche dopo tolti i cilindri.

Sperienza IV.

Fu introdotta aria atmosferica in entrambi i cilindri.

L' aria della camera era a - - - 59, 5
L' acqua nel vaso *R* a - - - - - 60, 4
Nel vaso *L* a - - - - - - - - 60, 6

I cilindri furono scaldati e tuffati nell' acqua conforme il solito; e le temperature al centro ed alla superficie osservate per 12 minuti.

Min.	R Centro	L Centro	R Superficie	L Superficie
1	61, 6, +	61, 7	63, 9 −	63, 9
2	61, 9 −	62	63, 9 −	63, 9
3	61, 9	62 +	63, 9 −	63, 9
4	61, 9	62, 1 −	63, 9 −	63, 9
5	61, 9	62, 1 −	63, 8 +	63, 9
6	61, 9	62, 1 −	63, 8	63, 9
7	61, 9	62, 1 −	63, 8	63, 9
8	61, 9	62, 1	63, 7 +	63, 9 −
9	61, 9	62, 1	63, 7	63, 9 −
10	61, 9	62, 1 +	63, 6 +	63, 8 +
11	61, 9 +	62, 1 +	63, 6 +	63, 8 +
12	61, 9 +	62, 1 +	63, 6 +	63, 8

Tolti i cilindri e mossa l'acqua, fu la temperatura comune in *R* 62, 9; in *L* 62, 5.

Al fine dell'esperienza la temperatura dell'ambiente era circa un grado sotto quella dell'acqua de' vasi di latta.

Si noti che nella seconda sperienza la temperatura dell'acqua prima dell'immersion de' cilindri era alquanto minor di quella dell'ambiente; nella terza al contrario era alquanto maggiore; nella quarta, l'acqua non solo avea temperatura maggior dell'ambiente sul principio dell'esperienza, ma ancora sul fine la sorpassava incirca d'un grado. Ecco la ragion principale, a quel che sembra, per cui i cilindri comunicaron più di calore all'acqua nella seconda sperienza che nella terza; e più nella terza che nella quarta.

Egli è però manifesto che la quantità del calore comunicato deve in qualche parte dipendere dal-

dalla velocità con cui i cilindri s' immergon nell' acqua, ed è ben difficile immergerli con velocità che siano precisamente eguali nelle diverse sperienze.

Nel fare queste sperienze è necessario che i cilindri si faccian passare dal bagno d' acqua alla macchina colla massima speditezza: per altro debbonsi calare nell' acqua de' vasi con velocità moderata; se questa velocità sia soverchia, l' impulso dato all' acqua ne farà traboccare una parte fuor de' vasi, e inoltre frammischiando le particelle più calde alle più fredde, le superficiali alle centrali, indurrà un irregolarità ne' calori indicati dai termometri.

Nelle nostre sperienze qualora l' aria deflogisticata era chiusa nel cilindro *L*, e l' atmosferica in *R*, si vede che la prima comunicò ad un ugual volume d' acqua maggior calore che non fece la seconda, col divario di 0, 2. La purezza di quest aria deflogisticata era tale che una misura di essa unita a due d' aria nitrosa si ristringevano allo spazio d' una misura.

Trattandosi d' una sperienza assai delicata, a prevenir sempre più qualunque fallacia, io la rovesciai coll' introdurre aria deflogisticata presso a poco della stessa qualità nel cilindro *R*, ed aria atmosferica in *L*. E si trovò, poste uguali tutte le altre circostanze, che l' aria pura del cilindro trasmetteva all' acqua gr. 0, 2 di calore più che l' aria atmosferica del cilindro *L*.

Sperienza V.

Variai la sperienza coll' empiere il bagno in cui si scaldavano i cilindri d' olio caldo in vece d' acqua bollente; sollevai così i due cilindri a gr. 300. Gl' immersi allora in eguali volumi d' acqua avente incirca la temperatura della camera. Esaminati attentamente i termometri dal mio amico Dr. *Percival* per alcuni minuti, la differenza de' calori comunicati all' acqua dai due gas ascese a 0, 3 prossimamente.

Quì i vasi di latta che contenevano l' acqua eran più grandi che nelle sperienze precedenti, contenendo ciascuno once 32 dr. 6 gr. 28 *Avoirdupois*. Quantunque questa sperienza fosse fatta con molta cura, pure non l' ebbi per esattissima, perchè nell' atto dell' immersion de' cilindri si sentì un certo sibilo, e qualche traccia di vapore esalò da ambi i vasi. Per altro questo sviluppo di vapore non sembra aver prodotto notabile aberrazione: poichè se si tien conto del calore perduto dai cilindri nel lor passaggio dal bagno alla macchina, il rapporto tra i calori dell' aria pura e dell' aria comune determinato da questa sperienza combina benissimo col rapporto che si deduce dalle altre.

Quantunque i risultati di tutti questi esperimenti sembrino decisivi, pure per accertar sempre più precisamente i calori comparativi de' fluidi aerei credetti opportuno nelle susseguenti sperienze di sostituir l' olio per termine di paragone in vece dell' acqua: perchè l' olio ha meno capacità e

in

in conseguenza la sua temperatura cresce più notabilmente al ricevere una data quantità di calore.

Facendo siffatte sperienze coll' olio, le variazioni di calore prodotte dall' immersion de' cilindri durano più lungo tempo, che non coll' acqua. Queste variazioni non potrebbero esser accertate con esattezza col porre i termometri nel preciso punto di mezzo tra i cilindri, e le pareti interne de' vasi di latta: perchè in tal caso i termometri non indicherebbero eguali cangiamenti di calore a meno che essi fossero precisamente d' eguale sensibilità: ma egli è poco men che impossibile avere quattro termometri egualmente sensibili; perchè fosser tali converrebbe che le quantità di mercurio ch' essi contengono, e le grossezze de' loro bulbi fossero d' una precisa eguaglianza. Ora è manifesto che più termometri inegualmente sensibili al calore non possono determinar con precisione delle differenze variabili, quando non sian collocati in modo che le loro distanze dai corpi che trasmettono il calore siano proporzionate alle loro sensibilità. Si determinò questa collocazione coll' immergere replicatamente nell' olio freddo i cilindri scaldati contenenti aria atmosferica, e col variar le distanze de' termometri sin tanto che essi segnassero precisamente calori eguali. Dopo molte prove fatte colla più scrupolosa attenzione nelle quali ebbe la bontà d' assistermi il mio amico Dr. *Hamilton* di cui la diligenza è ben degna di tutta la fiducia, giungemmo a collocare i termometri centrali con tale esattezza che i calori indicati dai medesimi non isvariavano di più

di

di 0, 1; come apparirà dalla sperienza che segue.

Sperienza VI.

Aria della camera a 56, 5.

In ciascun de' vasi di latta s' introdusse libb. 1. once 4, 75 *Avoirdupois* olio di spermaceti. L' altezza dell' olio era poco più della metà dell' altezza del vaso, quindi i termometri centrali arrivavano poco sotto la superficie dell' olio, ed erano però compiutamente immersi nel medesimo.

La temperatura dell' olio era pochi gradi più bassa di quella della camera, affinchè riscaldato l' olio dai cilindri, il suo calor medio pareggiasse a un di presso quel dell' ambiente. I due volumi d' olio furono agitati ugualmente con cannucce di vetro affinchè il calore vi si diffondesse ugualmente, continuata l' agitazione per pochi minuti sintanto che i termometri divennero stazionarj. Ciò si ripetè parecchie volte, ed osservate le temperature un momento prima dell' immersione de' cilindri si trovò in *R* 53, 5; in *L* 53, 5.

I cilindri ripieni d' aria atmosferica furono riscaldati nella camera contigua col solito bagno d' acqua, ove si tennero al punto dell' ebullizione per 10 minuti. Portato allora il bagno coi cilindri nella camera ov' era l' apparato, e tuffati sollecitamente i cilindri nell' olio, ecco le temperature che si osservarono.

	Centro		Superficie	
Minuti	*R*	*L*	*R*	L
1	53, 6	53, 6	58, 4	60
2	54, 3	54, 4	60, 7	61, 3
3	54, 8	54, 7	61, 1	61, 3
4	55, 3	55, 2	61, 1	61, 3
5	55, 8 —	55, 7	61, 1 +	61, 3

Sul finire dell' esperienza l' aria della camera fu a gr. 60.

Siccome in ciascun de' vasi di latta i due termometri erano applicati alla stessa lamina d' avorio portante una doppia scala, ben vedrà il lettore che quando quelli del centro erano disposti in guisa da segnar prossimamente calori eguali, quelli alla superficie non potean esserlo precisamente a meno che non avessero precisamente la stessa sensibilità di quelli del centro: ora le sensibilità essendo diverse, i calori indicati alla superficie per i due primi minuti furono assai disuguali; in appresso si avvicinarono col divario di 0, 2.

Si fece poi la sperienza seguente coll' assistenza del Dr. *Hamilton*, presente il mio illustre amico *Kirwan*, ed i pocanzi mancati Dr. *Watkinson* e *Kerr*.

Sperienza VII.

L' aria della camera essendo a 54; l' olio in *R* a 51, 3 +, ed in *L* a 51, 3; fu introdotta aria deflogisticata in *R*, aria flogisticata da limatura di ferro, e solfo in *L*; scaldati al solito i cilindri e immersi nell' olio, le temperature osservate dal Dr. *Hamilton* furono come appresso.

Cen-

	Centro		Superficie	
Minuti	*R*	*L*	*R*	*L*
2	52, 1	52, 3		
3, 5	53, 4	53, 1	59, 5	59, 7
5	54, 4	54	59, 5	59, 5
6	54, 8	54, 4	59, 5	59, 5
7	55, 1	54, 7 +	59, 4	59, 4

La qualità dell' aria deflogisticata fu esaminata dopo la sperienza, traendone fuori una parte dal cilindro per mezzo d' un vaso di vetro vuoto d' aria: si trovò che una misura di quest' aria mista a due d' aria nitrosa occupavan lo spazio poco più d' una misura. L' aria flogisticata poi nel decorso della sperienza si cangiò quasi in aria atmosferica.

Sperienza VIII.

Aria della camera a 54, 5. Nel cilindro *R* aria deflogisticata presso a poco della stessa qualità che nella sperienza precedente; nel cilindro *L* aria atmosferica. La temperatura dell' olio nel vaso *R* era 51, 3; nel vaso *L* 51, 1. Scaldati i cilindri e calati nell' olio, le temperature procedettero con quest' ordine.

	R	*L*	*R*	*L*
Minuti	Centro	Centro	Superficie	Superficie
2	51, 8	51, 7		
3	52, 6	52, 3 +		
4	53, 6	53, 2	58, 8	58, 9 +
5	54	53, 5	58, 8	58, 8
6	54, 3	53, 8	58, 7 +	58, 7 +
7	54, 5	54, 2	58, 7	58, 7

Nella sperienza VI. il calore segnato dal termometro centrale nel vaso *R* al termine di 5 minuti sorpassò quello del vaso *L* di 0, 1. Nelle Sperienze VII, ed VIII. l'eccesso fu poco minore di 0, 4; computando la differenza di temperatura indicata da' termometri de' vasi *R* ed *L* prima che i cilindri vi s' immergessero.

Queste sperienze furono spesso ripetute, e costantemente apparì che quando si riempiva il cilindro *R* d' aria deflogisticata, la cui purezza fosse di 1 secondo la misura di *Priestley*, e il cilindro *L* d' aria atmosferica, il calore comunicato all' olio dall' aria deflogisticata in 4 minuti sorpassava di 0, 3 il calore comunicatogli dall' aria atmosferica. Il divario nelle diverse ripetizioni dell' esperimento non oltrepassò mai gr. 0, 05.

Rovesciai poscia le sperienze fatte coll' aria pura e la flogisticata, in un esperimento eseguito alla presenza di *Deluc*, introducendo l' aria pura nel cilindro *L*, e la flogisticata in *R*. Ma per far che il risultato fosse sempre più decisivo, si mise a prova la giustezza dell' apparato col far prima la sperienza con entrambi i cilindri pieni d' aria comune; e si trovò che i calori comunicati ai due termometri centrali non differivano più di gr. 0, 05. Ciò apparirà dalla seguente sperienza in cui ecco le variazioni di temperatura osservate dallo stesso *Deluc*.

Sperienza IX.

Aria della camera a 54. Olio nel vaso *R* a 52, 1; nel vaso *L* a 52, 3. Contenendo ambedue i cilindri aria atmosferica, si ebbe:

Minuti		Centro		Centro
2	*R*	53, 3	*L*	53, 5
4		54, 5 +		54, 7
5		54, 9 +		55, 1
6		55, 1 +		55, 2 +
8		55, 4 +		55, 6 +
9		55, 5 +		55, 7

In questa sperienza i calori comunicati ai due termometri centrali non fecer divario maggiore di gr. 0, 05, tenendo ben conto dell' eccesso di temperatura nel vaso *L* preventivamente all' immersion de' cilindri. Anzi per lo più i calori comunicati manifestaronsi assolutamente eguali.

Sperienza X.

Aria della camera a 58. Olio nel vaso *R* a 56, 9; nel vaso *L* a 56, 9.

S' introdusse aria deflogisticata nel cilindro *L*, ed aria flogisticata in *R*; riscaldati i cilindri, ed immersi nell' olio, le temperature furon osservate da *Deluc* come appresso.

Minuti		Centro		Centro
1	*R*	57, 2 +	*L*	57, 2 +
2		57, 7		57, 9 +
3		58, 3 +		58, 6
4		58, 9		59, 2

Minuti		Centro		Centro
5	R	59, 3 .	L	59, 5
6		59, 7		59, 9
7		59, 9 +		60, 1 +
9		60, 1		60, 3
10		60, 3		60, 4 +

Si avverta che i calori indicati da' termometri alla superficie furon quì prossimamente eguali; il che pure accadde nella Sperienza VII.

Per iscoprire se i gas subissero alcun cangiamento mentre si scaldavano ne' cilindri, se ne esaminò la qualità prima dell' esperimento alla presenza di *Deluc;* e si trovò che una misura d' aria deflogisticata mista a due d' aria nitrosa, occupavano lo spazio di misure 0, 3; e due misure d' aria flogisticata miste ad una d' aria nitrosa, occupavano lo spazio di 2, 6. Esaminate di nuovo alla fine dell' esperienza, la purezza dell' aria deflogisticata apparve diminuita di tanto, che una misura della medesima con due d' aria nitrosa, occupavano adesso 0, 8; l' aria flogisticata poi era pressochè divenuta aria comune, giacchè due misure della medesima con una d' aria nitrosa si ridussero a 2, 15.

Le prove fatte appresso ci fecer vedere che i robinetti apposti alle estremità de' cilindri, quando erano scaldati non chiudevan più del tutto a prova d' aria: essi erano veramente costruiti con tale esattezza che a freddo i cilindri potean rimanere quasi totalmente esauriti d' aria; ma quando si collocavano nel bagno d' acqua, il calore che saliva lungo i loro gambi, si comunica-

va

va più presto alle cavità che abbracciavano i robinetti, di quello che ai robinetti medesimi: quindi dilatandosi più presto queste cavità di quel che si dilatassero i robinetti, l'esclusione dell'aria esterna non era assolutamente perfetta.

E quì rilevasi che l'aria flogisticata è assai più disposta a mescolarsi e confondersi coll'aria dell'atmosfera che non è l'aria pura. Poichè il divario delle alterazioni subite da questi due gas non nacque già da una differente struttura de' due robinetti, giacchè si ebbe lo stesso rovesciando l'esperimento. E la verità di questo rilievo l'abbiam confermata coll'esporre aria pura ed aria flogisticata ad un calor moderato, racchiuse in sottili vesciche che fosser prima bene strofinate.

Nella nostra sperienza il calore osservato al centro del vaso *L* dopo 4 minuti superò di circa 0, 3 quello del vaso **R**. Spirato il quarto minuto il divario cominciò a scemare, sicchè ne' sei minuti seguenti quasi tutto svanì, l'eccesso del calore in *L* non essendo allora che di 0, 1.

Abbiam già osservato che nelle precedenti sperienze i calori indicati dai termometri alla superficie erano pressochè uguali; e ciò perchè la temperatura dell'olio alla sua superficie è sottoposta all'influenza di molte cagioni, che non si possono nè ovviare, nè misurare con sicurezza. Fra queste cagioni ecco le principali: la disposizione delle particelle più riscaldate dell'olio a salire a galla; la facilità con cui esse trasmettono il calore a' corpi vicini; l'agitazione indotta nell'olio dall' immersion de' cilindri; il calore

comunicato dai gambi che congiungono i cilindri alla traversa; l' influenza dell' aria esterna; e finalmente la difficoltà di collocare i termometri superficiali colla precisione richiesta affinchè essi segnino giustamente i calori eguali. Ma al centro l' eccesso del calore comunicato dall' aria deflogisticata, o fosse essa nel cilindro *L* o nel cilindro *R*, apparve invariabile, giacchè qualunque volta l' esperienza fu ripetuta con esattezza quest' eccesso non mancò di farsi vedere entro i limiti di gr. 0. 05; e quando usavasi l' acqua in vece dell' olio, non solo quest' eccesso fu manifesto anche alla superficie, ma apparve ancora dopo tolti i cilindri, e renduta uniforme per mezzo dell' agitazione la temperatura dell' acqua.

La differenza tra il calore che l' aria deflogisticata comunica all' olio, e quel che comunica all' acqua, per quanto essa è indicata dai termometri centrali in queste sperienze, è minore di quel che poteva aspettarsi attesa la differenza delle capacità di queste sostanze. La capacità dell' acqua è a quella dello spermaceti circa come 2 ad 1; onde era a supporre che i calori comunicati sarebbero come 1 a 2. Ora nelle precedenti sperienze essi apparirono come 2 a 3. Abbiamo ancora veduto che il solito eccesso di calore scomparisce più presto quando la sperienza si fa coll' olio, che non coll' acqua. Tutte queste irregolarità sembrano procedere principalmente dalla differenza delle facoltà conduttrici di queste sostanze rispetto al calore, e dalla maggior tendenza che hanno al salire le particelle dell' olio caldo,

per

per cui il calore si accumula tosto alla superficie, e prontamente si trasmette a' corpi contigui. Egli è manifesto che queste cagioni le quali diminuiscono la differenza di calore alla superficie, producono a poco a poco un analogo effetto verso il centro.

Quando si fece l' esperienza coll' introdurre i cilindri entro i vasi di latta pieni non d' altro che dell' aria atmosferica, allora gli effetti della troppo sollecita trasfusion del calore, apparirono più manifesti: poichè in questo caso la differenza de' calori comunicati dall' aria pura e dall' aria flogisticata non si manifestò punto alla superficie, nè si palesò pure verso il centro che dopo scorsi molti minuti; e sebbene a lungo andare l' aria pura comunicasse palesemente più calore che non l' aria flogisticata, pure i risultati delle diverse sperienze riuscirono sì irregolari da non poterne tirare veruna precisa conseguenza.

Il risultato generale delle precedenti sperienze si è che l' aria pura comunica più calore ad un egual volume d' acqua o d' olio, che non l' aria atmosferica.

Ora passerò a determinare le quantità comparative di calore comunicate dall' aria flogisticata, dall' aria infiammabile, e dall' aria fissa.

Dalle sperienze fin quì descritte coll' aria pura e l' atmosferica apparisce che quando i cilindri s' immergon nell' olio, i termometri centrali segnano delle differenze di calore più visibili che non quando s' immergon nell' acqua: però nelle sperienze seguenti si prese l' olio per termine di paragone

ragone. In questo caso egli è di somma importanza il procurare che il calore prima dell' immersion de' cilindri sia uniformemente distribuito per l' olio, e rimanga il più che si può stazionario. Ora il calor dell' olio non può rimanere stazionario se varia la temperatura della camera, e nelle camere esposte all' influenza delle stagioni difficilmente potrebbe ottenersi una temperatura costante. Ad evitar questa cagione d' errori, l' apparato fu posto in un sotterraneo, dove le alterazioni di temperatura erano assai lente, e la distribuzion del calore prossimamente uniforme.

I robinetti affissi ai gambi de' cilindri abbiam già detto che venendo riscaldati disegualmente non toglievano abbastanza la comunicazione tra l' aria esterna, e quella de' cilindri: motivo per cui l' aria trovossi subire un cangiamento notabile nel decorso della sperienza. Quest' inconveniente fu tolto di mezzo col ripiego seguente: introdotta l' aria ne' cilindri, il robinetto si levava tosto dall' estremità del gambo, e la cavità di questo si chiudeva esattamente con un turaccio di sughero, ed appresso vi s' infiggea nuovamente il robinetto. Così quando il cilindro scaldavasi, il sughero per l' elasticità sua s' adattava all' accresciuta capacità del gambo; e così interotta quasi affatto la comunicazione tra l' aria del cilindro e l' esterna, quella del cilindro non si trovò soffrire che pochissimo cangiamento dall' azion del calore.

Usando queste precauzioni io m' accinsi a determinar la capacità dell' aria flogisticata, avendo

do prima accomodata la macchina in guisa, che quando riempiva d'aria comune entrambi i cilindri, i calori segnati da' termometri del centro erano a un di presso eguali, come si scorge nell'esperienza seguente.

Sperienza XI.

Aria del sotterraneo a 60, 7. Introdotta in ciascun de' vasi di latta libb. 1 once 3 dram. 2 olio di spermaceti, fu la temperatura nel vaso *R* 59, 9; ed in *L* 60 +.

I cilindri pieni entrambi d'aria atmosferica furono riscaldati col bagno d'acqua in un sotterraneo contiguo, e tosto immersi nell'olio; quindi i calori centrali essendosi diligentemente osservati per 10 minuti furono:

Minuti 2	R 60, 2	L 60, 2
3	60, 9	61
4	61, 5	61, 5 +
5	62 −	62, 1 −
6	63, 3 +	62, 4 +
7	62, 6 −	62, 7
8	62, 8	62, 9
9	62, 9	63
10	63 +	63, 1 +

Aria del sotterraneo a 61, 7

Sperienza XII.

Aria del sotterraneo a 62, 6. Olio nel vaso R 62, 1; nel vaso *L* 62, 2.

S' in-

S' introdusse nel cilindro *R* aria flogisticata per mezzo del fegato di solfo, e nel cilindro *L* aria atmosferica. Le cavità de' gambi de' cilindri furon turate col sughero nel modo già descritto; poi riscaldati i cilindri al solito, calati giù nell' olio, ed osservati i calori centrali per sei minuti.

Minuti	*R*	*L*
1	62, 2	62, 3
2	62, 5	62, 6 +
3	63, 1 +	63, 3
4	63, 7 +	63, 9 +
5	64, 2 +	64, 3 +
6	64, 5	64, 6

Aria del sotterraneo alla fine dell' esper. 63, 3

Questa sperienza fu ripetuta come quì sotto.

Sperienza XIII.

Aria del sotterraneo a 63. Olio in *R* 62, 3 −, in *L* 62, 3 −.

I cilindri pieni come quì sopra d' aria flogisticata e d' aria comune furono riscaldati ed immersi nell' olio, e i calori al centro osservati per 8 minuti.

Minuti	*R*	*L*
1	62, 4	62, 4
2	62, 7 +	62, 7 +
3	63, 4	63, 5
4	64 +	64, 1
5	64, 5 −	64, 5
6	64, 8 +	64, 9
7	65, 1	65, 1 +
8	65, 3 +	65, 3

Due misure dell' aria flogisticata usata in queste spe-

sperienze essendo state mescolate prima dell' esperienza con una d' aria nitrosa, occuparon misure 2, 9. Terminata la sperienza, parte dell' aria flogisticata fu estratta dal cilindro, e provata nuovamente coll' aria nitrosa occupò misure 2, 8 prossimamente. Dal che apparisce che l' azion del calore l' avea alterata assai poco.

Fra ciascuna delle sperienze fin quì raccontate corse un intervallo d' alcuni giorni. Esse furon fatte nel Luglio del 1783, nel decorso del quale il calor Solare crebbe gradatamente e all' ultimo divenne intensissimo. Quindi l' alterazione nella temperatura del sotterraneo. Nel corso di undici giorni essa variò di tre gradi.

Da queste sperienze paragonate con molte altre analoghe le quali non serve quì riferire, apparisce che la differenza tra i calori centrali comunicati all' olio dall' aria atmosferica e dalla flogisticata fu di circa 0, 1.

Si passò collo stesso apparato ad esaminar colla massima accuratezza l' aria infiammabile, e l' aria fissa. Da' risultati di moltissime sperienze confrontate fra loro apparì chiaramente che il calor centrale comunicato all' olio dall' aria fissa fu alquanto minore di quello comunicato dall' aria atmosferica; la differenza non giungeva però a 0, 1: che al contrario il calor centrale comunicato dall' aria infiammabile fu alquanto maggiore di quello comunicato dall' aria atmosferica; la differenza non giungeva neppur quì ad 0, 1.

Nasce naturalmente il dubbio se differenze sì piccole non siano per avventura soggette a molta in-

incertezza. In quanto a ciò io mi farò ad osservare che nella scala de' miei termometri un decimo di grado scorgevasi distintamente quasi al pari d'un grado intero nei comuni termometri a scala di Farhenheit. E siccome ciascuna divisione poteva agevolmente coll' occhio dividersi in due parti uguali, così persino un ventesimo di grado poteva scorgersi con bastevole precisione. Questo è il motivo che mi ha incoraggito ad esporre le mie sperienze di confronto tra l'aria infiammabile, l'aria fissa, e l'aria comune. Le differenze che ho notate quì sopra sono il risultato di moltissimi esperimenti fatti colla possibile accuratezza, e variati in più guise. Havvi perciò il più forte motivo di credere che le vere differenze non oltrepassino quelle che si sono rilevate da queste sperienze, perchè nel ripeterle i risultati sono stati sempre i medesimi con divario non maggiore di gr. 0, 05 *. Tuttavia quand' anche volessimo supporre che i calori comunicati da eguali volumi di queste tre specie d'aria siano tra loro eguali, ciò non reca alterazione veruna alla Teoria che siam per esporre.

Ho cercato le *differenze* tra i calori comunicati all'acqua dalle arie fissa, flogisticata, infiammabile, atmosferica, e deflogisticata. A scoprire adesso i *totali* calori comunicati da questi gas, fa d'uopo cercar prima la quantità di calore che fu comunicata dai cilindri che li racchiudevano. A trovar questa quantità fu diretta la sperienza seguente.

* Vedi l'Appendice num. I.

Sperienza XIV.

Aria della camera a 60, 5. Acqua nel vaso *R* a 60 — ; nel vaso *L* a 60 — . L' acqua in ciascun de' vasi era once 20 *Troy*.

I cilindri pieni d' aria atmosferica, riscaldati, ed immersi ne' vasi di latta, vi si lasciarono per otto minuti; poscia levati, ed agitata egualmente l' acqua in entrambi i vasi, si trovò la temperatura in *R* 62, 2; in *L* 62, 2 — .

Quando dunque v' era aria comune in ambi i cilindri, i calori comunicati furon presso a poco eguali, essendo il divario non maggiore di gr. 0, 05.

A scoprir la quantità di calore comunicata dall' aria in questa sperienza, si lasciò entrar l' acqua in un de' cilindri a questo modo: aperto il fondo del cilindro *R*, il piatto sferico che lo chiudeva s' introdusse lateralmente in guisa che il semicircolo che lo divide in due parti eguali venisse a contatto con una metà dell' estremità circolare del cilindro, alla quale esso si saldava. Quindi restando aperta l' altra metà del fondo, l' acqua nel mentre che il cilindro era in essa tuffato lasciavasi entrar liberamente ed insieme lasciavasi uscir l' aria per il robinetto fissato all' estremità superiore del gambo. Affinchè il cilindro mentre il suo fondo era aperto così potesse restar del tutto sott' acqua, era d' uopo che la quantità dell' acqua nel vaso di latta fosse maggior del doppio di quella che richiedevasi quando il fondo era chiuso: perchè nel primo caso l' acqua entrava

nel

nel cilindro, laddove in quest' ultimo restava esclusa. Per ciò nell' esperimento che segue s' introdussero 40 once *Troy* d' acqua nel vaso *R*, e sole 20 once nel vaso *L*.

Sperienza XV.

Aria della camera a 62. Temperatura dell' acqua nel vaso *R* 61, 7 +; nel vaso *L* 61, 8.

Il cilindro *L* racchiudeva aria atmosferica; l' altro *R* era aperto di sopra e di sotto: entrambi furono scaldati come nella sperienza precedente, indi tuffati nell' acqua ove restarono per 8 minuti. Tratti fuori, ed agitata l' acqua ugualmente in entrambi i vasi, la comune temperatura nel vaso *R* fu 62, 7 +; nel vaso *L* 64.

Il cilindro *R* comunicò dunque un grado di calore; il cilindro *L* ne comunicò 2, 2: ma la quantità dell' acqua nel vaso *R* era di 40 once, e nel vaso *L* di 20. Se l' acqua nel vaso *R* non fosse stata che once 20, il calore comunicato dal cilindro solo sarebbe stato incirca 2 gradi. Giacchè dunque il cilindro pieno d' aria atmosferica comunicò gradi 2, 2 la differenza ne dà circa 0, 2 per il calore comunicato dall' aria *.

In questa sperienza posi ogni studio a rimovere quelle cagioni d' errore che mi avevano fatta illusione nelle sperienze sulle capacità de' fluidi aerei pubblicate nella prima edizione. Quelle sperienze furon fatte sotto molto svantaggiose circostanze.

* Il calore comunicato dall' aria atmosferica lo determineremo in appresso più accuratamente.

tanze. Furono i primi passi ch' io mossi in traccia del vero in un oscuro ed intralciato ramo di scienza ove frequenti sono le sorgenti d' errore, ignoti ed intentati tuttora i mezzi di evitarle. Quelle differenze che nacquero dalla condensazione dell' umidità più o meno copiosa di cui eran pregne le vesciche usate in quelle sperienze, io le attribuiva alle differenti facoltà de' fluidi aerei a comunicare il calore. La mia prima sperienza sull' aria atmosferica fu fatta con una vescica nuova, che è più disposta a contrarre umidità e più malagevole ad asciugarsi di quelle che prima sono state purgate colla lavatura: dopo notabil tratto di tempo ripetei la sperienza, e colla vescica medesima la quale casualmente trovavasi ripurgata dai sali e dalla mucilagine per essere stata nella prima sperienza lungo tempo sott' acqua, ed indi bene asciugata, io presi a determinare il calore trasmesso dall' aria fissa. In oltre i miei termometri non erano abbastanza sensibili, nè le loro scale assai grandi da poter segnare le picciole differenze di calore. Regolandosi a mano l' immersione della vescica e de' termometri sotto l' acqua, non potean questi collocarsi con quella precisione troppo necessaria ad esperienze sì delicate.

Il calore comunicato dalla vescica si esplorava coll' avvilupparla in un filo, alzarla alla temperatura che voleasi, indi tuffarla in acqua di temperatura poco inferiore a quella della camera. Non fui accorto che in tal caso siccome poca parte della vescica viene a contatto coll' acqua, così la vescica dee comunicare il suo calore più

lentamente di quel che fa quando è gonfia.

L' aria deflogisticata io l' ottenni da calce rossa di piombo bagnata da spirito di nitro giallo, e scaldata entro un fiasco di Firenze, al cui collo avea legata una vescica flaccida esattamente vuota d' aria. Essendo quella la prima occasione ch' io ebbi di procurarmi aria deflogisticata, non aveva per anche osservato che a quella guisa essa si ottiene imbrattata d' una copia notabile di vapore acido, e nitroso. Quindi non credetti necessario di far passare quest' aria attraverso l' acqua, nè di travasarla in altra vescica: ond' è che nel determinare il suo calore assoluto incorsi in un errore di circa due gradi e mezzo.

Determinata la total quantità di calore che l' aria atmosferica trasfuse nell' acqua, passo ora a rintracciare la perdita di calore fatta da' cilindri quando si toglievan dal bagno per trasportarli nell' acqua. Abbiam detto che il bagno d' acqua coi cilindri in esso contenuti era posto ad un capo della tavola su cui era impiantata la spranga verticale coi vasi di latta; e che i cilindri levati dal bagno eran calati giù nei vasi, col farli scendere lungo la spranga verticale. Era perciò indispensabile il farli passare per l' aria fredda, e dalla sottigliezza de' cilindri, e dalla facilità colla quale trasmettevano il calore, ben si vede che il dissipamento fatto in questo passaggio deve esser notabile. Si tentò di valutarlo colla seguente sperienza.

Sperienza XVI.

Aria della camera a 63, 2. Venti once *Troy* d' acqua s' introdussero nel vaso *L* a 61, 9 +.

Il cilindro *L* pieno d'aria atmosferica fu assoggettato nella solita guisa al calor dell' acqua bollente per 10 minuti.

Il bagno coi cilindri era su d'una stessa tavola col vaso *L* contenente l' acqua fredda, frapposto in mezzo un tavolone d' abete ad impedire il passaggio del calore dal bagno al vaso; Quindi in un momento fu introdotto il cilindro nel vaso, e tolto via il bagno; il cilindro vi restò sei minuti, dopo i quali fu rimosso, agitata blandamente l' acqua, e la temperatura uniforme fu dopo

7 minuti - - - -	64, 5 —
8 - - - - - - -	64, 5 —
9 - - - - - - -	64, 5 —

L' aria della camera al fine della sperienza era a - - - - - - - - 63, 3

Quindi il calore comunicato all' acqua fu di gr. - - - - - - - - - 2, 5

Quì il cilindro non toccò che una piccolissima quantità d' aria fredda, e l' attraversò colla maggior velocità possibile. Malgrado queste precauzioni dirette a scemare il dissipamento del calore durante il passaggio del cilindro per l' aria, non era possibile impedirlo del tutto. Se in quest' ultima sperienza supponghiamo sfuggita una dose di calore che avesse potuto rialzar la temperatura dell'acqua di 0, 1 avremo 2, 6 per la somma totale del calore comunicato all' acqua

dal cilindro e dall' aria in esso racchiusa.

Nelle Sperienze XIV, e XV. il calore che il cilindro *L* comunicò all' acqua non fu che 2, 2. Però in queste sperienze il cilindro avrà perduto circa un sesto del suo calore nel suo passaggio per l' aria.

Nella Sperienza XV. il cilindro *R* essendo restato 10 minuti nel bagno d' acqua aveva acquistata la temperatura di gr. 200 come lo mostrava il termometro introdotto nel suo centro. Il calore dell' acqua nel vaso di latta prima dell' immersion del cilindro fu 61, 7. Quindi l' eccesso della temperatura del cilindro sopra quella dell' acqua era 138, 3: di questa quantità circa un sesto fu portato via dall' aria esterna. Il resto 115 più 61, 7 dà la vera temperatura del cilindro al momento della sua immersione nell' acqua. La temperatura dell' acqua dopo 8 minuti, allorchè ne venne tratto fuori il cilindro, fu di 62, 7 prossimamente. Dunque il cilindro restò raffreddato dall' acqua per gr. 114, e l' acqua restò riscaldata dal cilindro per 1 grado.

Il peso dell' acqua contenuta entro il vaso di latta era di once 40 *Troys* e la capacità del vaso pel calore era uguale a quella di once 1, 23 d' acqua. Dunque l' acqua ed il vaso insieme eguagliavano in capacità once 41, 23 d' acqua.

Il calore perduto dal cilindro fu gr. 114, 25; e quello acquistato dall' acqua fu 1 grado: però la capacità dell' acqua e del vaso, o vogliam dire la capacità di once 41, 23 d' acqua sta a quella del cilindro come 114, 25 ad 1. Se la quantità

dell'

dell' acqua fosse stata di once 114, 25 la capacità del cilindro avrebbe eguagliata quella d' un oncia d' acqua. Ma la quantità dell' acqua non era che once 41, 23. Dunque la capacità del cilindro sarà minore di quella d' un oncia d' acqua in proporzione di 41, 23 a 114, 25. Però la capacità del cilindro sarà eguale a quella di once 0, 3608 d' acqua.

Di quì possiamo determinare il calore che il cilindro avrebbe comunicato, se il vaso *R* non avesse contenuto che 20 once d' acqua come il vaso *L*. Poichè secondo la regola di *Richman*, quando si mescolan fra loro due masse disuguali d' acqua a diverse temperature, sommando insieme i prodotti delle masse moltiplicate per le loro rispettive temperature, e dividendo questa somma per la somma delle masse medesime, il quoziente indicherà la temperatura della miscela. Siano le masse M, m; i loro rispettivi calori C, c; sarà la temperatura della miscela $\frac{MC + mc}{M + m}$.

Abbiam veduto che nella Sperienza XV. il calore che l' acqua tolse al cilindro *R* fu di gr. 114, 25; e che il calor dell' acqua al finir dell' ottavo minuto fu 62, 7 +. Aggiungendo questo calore a 114, 25 avremo 176, 95 temperatura del cilindro al momento dell' immersione. Se noi figuriamo la quantità dell' acqua in once 20, e il vaso equivalente ad once 1, 23 d' acqua, l' acqua insieme col vaso farà once 21, 23. La temperatura dell' acqua era 61, 7 ed il cilindro equivaleva ad once 0, 3608 d' acqua.

Dunque giusta la regola di *Richman* la temperatura della miscela sarà:

$$\frac{21,23 \cdot 61,7 + 0,3608 \cdot 179,95}{21,23 + 0,3608}$$ ossia 63, 626.

Ed essendo il calore dell' acqua anteriormente all' introduzion de' cilindri 61, 7 la differenza ne dà 1, 926 per il calore che il cilindro avrebbe comunicato se l' acqua in *R* fosse stata tanta quanta era in *L*; vale a dire 20 once.

Il calore comunicato all' acqua nel vaso *L* fu di gr. 2, 2. Di questa quantità di calore si vede adunque che gr. 1, 926 vennero comunicati dal cilindro; quindi il calore comunicato dall' aria sarà stato gr. 0, 274. Deesi però osservare che vi fu in questa sperienza uno sbaglio di gr. 0, 05; poichè quando si venne a confrontarla con altre simili, il risultato medio portò gr. 0, 23 per il calore comunicato dall' aria atmosferica.

Calor comparativo dell' aria atmosferica.

A dedurre da queste sperienze la proporzione che passa tra il calore assoluto dell' aria atmosferica e quello dell' acqua, noi dobbiam considerare qual effetto si sarebbe avuto se l' aria atmosferica avesse lo stesso calore assoluto dell' acqua. In questo supposto, se la densità dell' aria fosse 100 volte minore di quella dell' acqua, e l' aria stessa fosse innalzata ad una temperatura centupla di quella dell' acqua, essa le avrebbe comunicato un grado di calore. Se la densità dell' aria fosse 800 volte minore di quella dell' acqua, e l'

aria

aria tuttavia fosse innalzata ad una temperatura centupla di quella dell' acqua, essa le avrebbe comunicato un ottavo di grado.

Ora la densità dell' aria atmosferica è a quella dell' acqua in proporzione alquanto minore di 1 ad 800; e nelle nostre sperienze l' eccesso della temperatura dell' aria sopra quella dell' acqua fu di gr. 115, 5. Se dunque nella nostra sperienza l' aria atmosferica avesse avuto lo stesso calore assoluto che ha l' acqua, essa le avrebbe comunicato circa un ottavo di grado; ma essa le comunicò alquanto più d' un quinto di grado. Dunque l' aria atmosferica ha più calore assoluto che non ha l' acqua.

Irvine ha assegnata una regola generale per calcolare i calori comparativi de' corpi, quando son diseguali le masse, e i cangiamenti avvenuti alle temperature. In tal caso le quantità comparative di calore sono tra loro reciprocamente come i cangiamenti di temperatura moltiplicati per le rispettive masse. Coll' ajuto di questa regola si può calcolar più esattamente il rapporto del calore dell' aria atmosferica a quello dell' acqua, come segue.

Siccome si sono presi eguali volumi d 'aria e d' acqua, se le loro densità fossero state eguali, il calore assoluto dell' aria sarebbe stato a quello dell' acqua come 1 a 497, 5 che è la proporzione reciproca dei cangiamenti avvenuti alle loro temperature. Similmente se i cangiamenti di temperatura fossero stati uguali, le quantità di calore assoluto sarebbero state reciprocamente come le masse. Ne segue che essendo entrambi gli ele-

menti disuguali, le quantità di calore assoluto siano in ragion composta del calor sensibile acquistato dall' acqua a quello perduto dall' aria, e della massa dell' acqua a quella dell' aria.

L' acqua insiem col vaso equivale come abbiam già detto ad once 21, 23 d' acqua: e la gravità specifica dell' acqua è a quella dell' aria atmosferica in ragione di 830 ad 1: onde la massa di once 21, 23 d' acqua sta alla massa di 20 once misure d' aria, come 881 ad 1.

Nella Sperienza XV. la temperatura dell' acqua nel vaso *L* avanti l' immersion del cilindro fu 61, 8; il calor del cilindro coll' aria racchiusavi fu 200; l' eccesso 138, 2: detraendone un sesto pel calore dissipato per l' aria esterna, l' eccesso del calore dell' aria del cilindro sopra quello dell' acqua si riduce incirca a 115. Il calor vero del cilindro prima dell' immersione fu dunque 176, 8; la temperatura dell' acqua alla fine della sperienza 64. L' aria fu perciò raffreddata di 112, 8; e dall' altra parte abbiam già mostrato che l' acqua fu riscaldata di 0, 23.

Quindi il calor comparativo dell' aria atmosferica sta a quello dell' acqua in ragion composta di 881 ad 1, e di 0, 23 a 112, 8. Onde si deduce che la quantità di calore contenuta nell' aria a quella contenuta nell' acqua sta come 202, 63 a 112, 8; o come 1, 79 ad 1.

Calor comparativo dell' aria pura.

Due fluidi elastici, l' aria pura e l' aria flogisticata,

cata, mescolati insieme sotto determinate proporzioni costituiscono l' aria dell' atmosfera : di quest' aria atmosferica la sola parte più pura è quella che resta diminuita nei processi flogistici. Quindi si può scoprire la quantità d' aria pura che si contiene nell' aria comune coll' osservare la diminuzione che in tali processi viene prodotta.

Quando l' aria nitrosa e l' aria comune si mescolan fra di loro sopra l' acqua nella proporzione opportuna ad ottenere una completa saturazione, e la miscela s' abbandona a se medesima per assai lungo tratto di tempo, sparisce tutta l' aria nitrosa, ed un quinto dell' aria comune. Quando l' aria comune vien esposta ad una miscela di limatura di ferro, e di solfo, la diminuzion media, quale fu determinata da *Priestley* e da *Scheele*, è di un 27 per 100. Nel primo caso egli è probabile, come osservò *Kirwan*, che una piccola porzione dell' aria pura resti difesa dall' azione del gas nitroso per mezzo dell' aria flogisticata in cui trovasi dispersa; nel secondo caso al contrario egli è probabile che non solo tutta l' aria pura venga assorbita dalla limatura di ferro e dal solfo, ma di più una porzione ancora dell' aria deflogisticata sparisca, perchè, come è noto, l' acqua può assorbirne alcun poco. Se dunque prendiamo un medio tra le sperienze fatte coll' aria nitrosa, e quelle fatte colla limatura di ferro ed il solfo, avremo la vera diminuzione di circa un 25 per 100. Dunque nell' aria atmosferica v' è circa un quarto d' aria deflogisticata.

Nella Sperienza II. la purezza dell' aria deflogisti-

gisticata era tale, che due misure della medesima miste ad una d' aria nitrosa occupavano lo spazio d' una misura. Apparisce dalle sperienze di *Priestley* che due parti d' aria nitrosa ne saturano assai prossimamente una d' aria deflogisticata; infatti mescolandole in questa proporzione, l' aria deflogisticata essendo ben pura, non restò che lo spazio di misure 0,03 *. Se dunque una misura della mia aria deflogisticata mista a due d' aria nitrosa occupò lo spazio d' una sola misura, convien dire che quest' aria deflogisticata contenesse d' aria veramente pura due terzi del suo volume. Infatti spariscono due misure d' aria. Di queste una parte deve essere stata aria pura, e le altre due aria nitrosa. La quantità dunque dell' aria pura che contenevasi nella mia aria deflogisticata deve essere stata un terzo di due misure, ossia due terzi d' una misura; e siccome tutta l' aria deflogisticata che si assoggettò a questa prova fu una misura, egli è evidente che essa dovette contener due terzi del suo volume d' aria perfettamente pura. La parte che rimase non diminuita dall' acido nitroso, nè assorbita dall' acqua, fu aria flogisticata. L' aria prima d' esaminarla erasi tenuta lungo tempo sopra dell' acqua, onde liberarla dall' aria fissa con cui potesser esser frammischiata.

Adunque l' aria deflogisticata di cui s' empì il cilindro *L* nella Sperienza II. conteneva due terzi del suo volume d' aria pura, ed un terzo d' aria flo-

* V. *Priestley* Sperienze ed Osservazioni su varie specie d' Aria. Vol. IV. Sez. 25.

flogisticata: dall' altra parte l' aria comune di cui s' empì l' altro cilindro *R* conteneva tre quarti del suo volume d' aria flogisticata, ed un quarto d' aria pura. In questa sperienza l' aria flogisticata che era in *L* montante ad un terzo del total volume possiamo intenderla controbilanciata da altrettanta quantità d' aria flogisticata in *R*. E similmente una porzione dell' aria pura esistente in *L* resta controbilanciata dall' aria pura esistente in *R* ammontante a tre quarti dell' intero volume. I cilindri poi essendo d' ugual peso e capacità si controbilanciano scambievolmente.

La total quantità dell' aria pura in *L* era due terzi del totale, ed in *R* un quarto del totale. Quindi l' eccesso dell' aria pura in *L* era di 0, 41; e l' eccesso dell' aria flogisticata in *R* era pure 0, 41. La nostra sperienza dunque ci mostra la differenza tra il calore comunicato da parti 0, 41 d' aria pura, e da un egual volume d' aria flogisticata. Questa differenza fu di gr. 0, 2. Quindi possiamo scoprire le quantità di calore che sarebbero state comunicate all' acqua, se il cilindro *R* fosse stato tutto pieno d' aria flogisticata, e l' altro *L* d' aria perfettamente pura. Chiamiamo x ed y questi calori che sarebbero stati comunicati dall' aria pura, e dall' aria flogisticata.

Avremo $\frac{41}{100} x - \frac{41}{100} y = 0, 2$

Ora abbiam veduto che l' intera quantità di calore comunicato all' acqua dall' aria comune nel cilindro *R* fu gr. 0, 23, e l' aria comune contiene un quarto del suo volume di aria pura.

Quin-

Dunque $\frac{1}{4}x + \frac{3}{4}y = 0,23$

Da queste due equazioni ricavasi $x = 0,595$ ed $y = 0,108$. Dunque l'intera quantità di calore che sarebbe stata comunicata dal cilindro tutto pieno d'aria deflogisticata purissima, nella sperienza di cui parliamo è gr. 0, 595; e quella che sarebbe stata comunicata dal cilindro pieno d'aria compiutamente flogisticata è gr. 0, 108.

Si avvertì già che siccome nelle Sperienze II. e III. la temperatura dell'aria della camera crebbe gradatamente in proporzione del riscaldamento dell'acqua ne' vasi di latta, così fu tolto in gran parte l'error che potea nascere dall'irregolare raffreddamento. Ma era impossibile toglierlo del tutto, allorchè il riscaldamento dell'acqua ne' due vasi era diseguale: poichè se la temperatura dell'ambiente combinava prossimamente colla temperatura dell'acqua nel vaso più caldo, egli è manifesto che l'acqua del vaso più freddo dovette nel decorso della sperienza ricevere dall'ambiente medesimo qualche piccola dose di calore. Se supponghiamo che questa cagione scemasse la differenza di calore ne' due vasi d'un trecentesimo di grado, avremo prossimamente gr. 0, 6 per il calore comunicato dall'aria deflogisticata.

Nella Sperienza II. la differenza trà i calori comunicati dall'aria deflogisticata e dalla comune fu poco maggiore di 0, 2. Nella Sperienza III. essa fu in punto 0, 2. In quest'ultima sperienza il calore dell'acqua de' vasi prima dell'immersion de' cilindri fu 59, 5. I cilindri furono alzati a 200,

cioè

cioè gr. 140, 5 sopra la temperatura dell' acqua. Il cilindro *R* pieno d' aria atmosferica alzò l' acqua poco più d' un grado.

Paragonando il risultato di questa sperienza con quello della Sperienza XVI. si vede che il cilindro deve aver perduto nel suo passaggio per l' aria intorno ad un quinto del calore che avea ricevuto dall' acqua bollente: ora il calor ricevuto fu 140. La perdita fu dunque 28, 1; sottraendola da 140, ed aggiungendo il residuo al calor dell' acqua nel vaso di latta noi avremo 171, 9 per la temperatura vera de' cilindri al momento della loro immersione. La temperatura uniforme dell' acqua nel vaso *L* al termine della sperienza fu 61, 7 +. Dunque l' acqua raffreddò il cilindro di 110, 2; e già abbiam provato che se il cilindro avesse contenuto aria deflogisticata purissima, il calore comunicato da quest' aria all' acqua sarebbe stato 0, 6.

La gravità specifica dell' aria pura sta a quella dell' aria comune giusta le sperienze di *Priestley* come 187 a 185. La gravità specifica dell' aria comune è a quella dell' acqua come 1 ad 830. Dunque la gravità specifica dell' aria pura starà a quella dell' acqua come 1 ad 821. La quantità dell' aria fu di 20 once misure. L' acqua ed il vaso insieme equivalgono ad once 21, 23 d' acqua. Quindi la massa dell' aria era a quella dell' acqua come 1 ad 872, 49.

Conseguentemente il calor comparativo dell' acqua è a quello dell' aria pura in ragione composta di 110, 2 a 0, 6 e di 1 a 872, 4; ossia come 1 a 4, 749.

Ca-

Calor comparativo dell' aria flogisticata.

Abbiam già detto che il calore che sarebbe stato comunicato all' acqua nelle Sperienze II. e III. da un aria compiutamente flogisticata è 0, 108.

Ora dalle sperienze di *F. Fontana* rilevasi che la gravità specifica dell' aria flogisticata sta a quella dell' aria comune come 377 a 385. La specifica gravità poi dell' aria comune è a quella dell' acqua come 1 ad 830: dunque la gravità specifica dell' aria flogisticata è a quella dell' acqua come 1 ad 847. La quantità d' aria flogisticata fu di 20 once misure: quella dell' acqua computandovi il vaso once 21, 23. Dunque la massa dell' aria fu a quella dell' acqua come 1 ad 899.

Nella Sperienza III. l' aria del cilindro *R* restò raffreddata dall' acqua di gr. 110, 4; ed abbiam già provato che l' acqua sarebbe stata riscaldata di gr. 0, 108 dall' aria se fosse stata tutta aria flogisticata. Per conseguenza il calor comparativo dell' acqua è a quello dell' aria flogisticata in ragion composta di 110, 4 a 0, 108, e di 1 ad 899 ossia come 110, 4 ad 87 circa; cioè a dire come 1, 26 ad 1.

Calor comparativo dell' aria fissa.

Nelle sperienze eseguite coll' apparato descritto di sopra, che può chiamarsi un *Aerometro*, la differenza de' calori centrali comunicati dall' aria pura e comune all' olio fu alla differenza de' calori

lori similmente comunicati all' acqua come 3 a 2. Di quì possiam conchiudere che simili effetti si sarebber prodotti se le sperienze si fosser fatte coll' aria comune e coll' aria fissa nell' olio e nell' acqua; cioè che la differenza nell' olio sarebbe stata di un terzo maggiore che nell' acqua. Ora il medio risultato delle mie sperienze fatte nell' olio coll' aria fissa e l' aria comune diede una differenza di 0, 05 in favor di quest' ultima. Nell' acqua dunque la differenza sarebbe stata 0, 034. La gravità specifica dell' aria fissa secondo *Cavendish* è a quella dell' aria comune come 1, 57 ad 1. Quindi la gravità specifica dell' aria fissa è a quella dell' acqua come 1 a 553. Dall' altra parte la quantità dell' aria fissa essendo 20 once misure, e quella dell' acqua compreso il vaso once 21, 23 la massa dell' acqua era a quella dell' aria fissa come 587 ad 1. Dalle precedenti sperienze fatte coll' aerometro risulta che il calore che l' aria comune comunica ad un egual volume d' acqua è 0, 23: e abbiam veduto pur ora che il calore che l' aria comune medesima comunica all' acqua è maggiore di 0, 034 del calore che le comunica l' aria fissa. Dunque il calore che l' aria fissa comunica all' acqua è gr. 0, 23 meno 0, 034 ossia è gr. 0, 196: e dall' altra parte il calore che l' acqua toglie all' aria essendo gr. 110, ne segue che il calor comparativo dell' aria fissa è a quello dell' acqua in ragion composta di 0, 196 a 110 e di 587 ad 1; ossia come 115 a 110.

Calor comparativo dell' aria infiammabile.

La gravità specifica dell' aria infiammabile la più pura è secondo *Cavendish* a quella dell' aria comune come 1 a 12.

L' aria infiammabile che servì alle nostre sperienze fu ricavata dalla limatura di ferro disciolta nell' acido vitriolico. Erasi svolta con rapida effervescenza, e col farla passar per l' acqua erasi liberata dal gas acido vitriolico che ordinariamente la imbratta. Era essa però assai pura; ma siccome il cilindro in cui fu introdotta si era esaurito per mezzo d' una tromba pneumatica, e prima della sua introduzione l' aria infiammabile erasi forzata ad entrar nella vescica per mezzo della siringa già descritta, così non potè a meno di non frammischiarsi in questa operazione con qualche poco d' aria comune. Tenendo conto di questa mescolanza, la gravità specifica della nostra aria infiammabile può supporsi a quella dell' aria comune presso a poco in ragione di 1 a 10. Ma la gravità specifica dell' aria comune è a quella dell' acqua come 1 ad 830. Dunque la gravità specifica dell' acqua è a quella della nostra aria infiammabile come 8300 ad 1.

Ora la quantità dell' aria infiammabile era di 20 once misure; quella dell' acqua compreso il vaso once 21, 23. Se i volumi dell' aria e dell' acqua fossero stati eguali, le masse sarebbero state in ragione di 1 ad 8300. Ma il volume dell' acqua (prendendo sempre il vaso per equivalente

ad

ad once 1, 23 d'acqua) era a quello dell'aria come 21, 23 a 20. Dunque la massa dell'acqua a quella dell'aria come 8810 ad 1.

Il calore che l'aria infiammabile comunica all'acqua è alquanto maggiore di quello che le comunica l'aria atmosferica in pari circostanze, di che mi sono assicurato per ripetute prove. Ma essendo la differenza tenuissima, non andrem lontani dal vero col supporre che queste due arie comunichino egual calore. Adunque il calore che l'aria infiammabile comunica all'acqua nelle nostre sperienze sarà di 0, 23.

Quindi il calor comparativo dell'aria infiammabile delle nostre sperienze sta a quello dell'acqua in ragion composta di 8810 ad 1, e di 0, 23 a 113, 2; ossia come 17, 9 ad 1.

In quanto all'aria infiammabile più leggera e più pura, ammettendo che essa comunichi tanto di calore all'acqua quanto ne comunica un egual volume d'aria atmosferica in eguali circostanze, il suo calor comparativo si dedurrà in questo modo. La gravità specifica di questo gas è a quella dell'acqua come 1 a 9960. La massa dell'acqua impiegata in questa sperienza (ridotto anche il vaso alla massa equivalente d'acqua) era perciò a quella dell'aria come 10567 ad 1. In conseguenza il calor comparativo dell'aria infiammabile più leggera è a quello dell'acqua in ragion composta di 10567 ad 1 e di 0, 23 a 113, 2; ossia come 21, 4 ad 1.

Nelle conseguenze che abbiamo fin quì dedotte dalle sperienze precedenti abbiam preso per

supposto che le capacità dei gas siano permanenti in tutte le temperature intermedie tra il gelo e l' ebullizione dell' acqua. Veramente egli è probabile che questi fluidi aerei soffrano qualche leggera alterazione di capacità, mentre si rarefanno o si condensano pel calore o pel freddo. Per altro è manifesto che niun cangiamento di capacità potrebbe esser quindi avvenuto nelle nostre sperienze; giacchè i gas racchiusi entro cilindri d' ottone non potevano dilatarsi. I fatti però e le osservazioni che esporremo in seguito ne assicureranno che quand' anche nelle nostre sperienze i gas avesser potuto espandersi liberamente, l' alterazione delle loro capacità sarebbe stata di niun conto.

E' noto che la dilatazion dell' aria nel recipiente d' una macchina pneumatica produce freddo, e la sua condensazione produce caldo. Ho tentato assai volte di determinare per esperimenti la quantità del calore o del freddo prodotto dalla condensazione o dalla rarefazione dell' aria: ma non sono finora riuscito ad accertarla con sicurezza. Ho rilevato soltanto che quando l' aria dell' atmosfera si rimetteva pian piano nel recipiente esaurito della macchina, un termometro delicatissimo sospeso nel recipiente s' alzava incirca gr. 6, 5. Ma se l' aria vi s' introduceva rapidamente, l' alzamento di temperatura non era che gr. 5, 5; ed apparì esservi un certo termine nella velocità dell' introduzione, che dava il massimo aumento di temperatura.

Trovai pure che il freddo prodotto dall' esaurimen-

mento del recipiente era incirca di gr. 5, e che durante questa operazione il termometro cessò di abbassarsi prima che l' aria fosse esaurita del tutto, essendosi osservato crescere sensibilmente quando l' indice era a 27.

Procurai nelle suddette sperienze di rimover l' influenza dell' umidità, collocando il recipiente sopra una pelle imbevuta di sevo. Malgrado questa precauzione si osservò una sensibile precipitazion di vapore nel recipiente esaurito. Ma l' errore che può nascer da questo difetto si evitò col ripetere le sperienze con una caraffa capovolta, la qual fu fissata al piatto d' una macchina pneumatica, un termometro essendo inserito per mezzo d' una vite in una cavità nel collo della caraffa. Ebbi così dei risultati assai prossimi a quelli che aveva ottenuti da prima; il freddo prodotto dal vuotamento del recipiente fu quì pure di gr. 5. Rilevossi di più che il freddo prodotto dalla rarefazione dell' aria flogisticata era alquanto minore, e quello prodotto dalla rarefazion dell' aria deflogisticata era alquanto maggiore di quello prodotto dall' aria comune; ma la differenza fu di niun conto.

Dalle sperienze di *Roy* apprendiamo che il volume dell' aria comune alla temperatura 212 sta al suo volume alla temperatura 0 Farh. come 14 a 10 prossimamente. Vale a dire che nell' alzarsi da 0 a 212 la sua dilatazione eguaglia circa la metà del suo volume primiero.

L' aria deflogisticata si rarefà pel calore anche più dell' aria comune. Un volume d' aria deflogis-

ticata alzata a gr. 110 supponghiamo che siasi accresciuto della metà; e che per quest' accrescimento di volume accrescendosi pur la capacità, sia rimasta assorbita una tal quantità di calore che avesse innalzata la temperatura di quest' aria per 3 gradi.

Nelle sperienze coll' aerometro già riferite abbiam veduto che 110 gr. di calore levati all' aria deflogisticata rialzaron la temperatura dell' acqua di gr. 0, 4. Similmente adunque gradi 113 la rialzerebbero di gr. 0, 41. Cioè tre gradi di calore di più levati all' aria porterebber nell' acqua gr. 0, 01 di più, quantità sì tenue, che non l' avrebbe potuta discernere il termometro.

Calor comparativo del vapore acqueo.

Questo non potrebbe già determinarsi per esperienze analoghe alle esposte sin quì; perchè il vapore dell' acqua bollente si condensa tostochè si riduce ad una temperatura sotto 212. Mi convenne perciò ricorrere ad altro metodo.

E' opinion generalmente ricevuta che il vapore acqueo sia un composto d' aria pura e d' aria infiammabile, le quali nel processo della combustione si combinino intimamente fra loro, e nello stesso tempo depongano un' abbondante copia di fuoco elementare. Se dunque sia nota l' intera quantità di calore assoluto che contiene sì l' aria pura come l' aria infiammabile, e se parimente si determini il calore che svolgesi da questi due gas, mentre nell' atto della combustione si cangiano

in

in vapore acqueo, è manifesto che si giungerà a conoscere la quantità di calore assoluto contenuta nel vapore acqueo medesimo. Egli era dunque necessario lo scoprire la quantità di calore che si sviluppa dall'aria pura, e dall'aria infiammabile, quand' esse si abbruciano insieme in vasi chiusi. A tale oggetto mi suggerì il Dr. *Priestley* di racchiuderle entro un vaso attorniato d'acqua, ed accenderle colla scintilla elettrica, introducendo un termometro nell'acqua, per segnare il calore che l'acqua ne ricevea: per il che io immaginai l'apparato seguente.

GK (*Tav. II. fig.* 4) rappresenta un vaso d'ottone, cui nell'estremità inferiore è annesso un robinetto, nella superiore l'apparecchio comunemente usato per bruciare colla scintilla elettrica le due arie deflogisticata ed infiammabile. Quest' apparecchio consiste in un filo d'ottone incurvato *OP* inserito in una cannuccia di vetro *r* alla quale è cementato con del gesso. La cannuccia poi è in simil modo cementata ad altra canna d'ottone per cui essa passa, e questa è fissata a vite nel vaso d'ottone al punto *L*. Essendo così intercetta la comunicazione immediata tra il filo ed il vaso mediante la cannuccia di vetro, la scintilla elettrica che entra per l'estremità superiore del filo dà fuoco all'aria nel passare che fa dall' estremo inferiore *Q* alla parete del vaso.

I due gas misti nella dovuta proporzione entro d'una vescica, s'introducono nel vaso d'ottone esaurito prima per mezzo d'una tromba pneumatica. Allora il vaso d'ottone s'introduce nella ti-

na cilindrica di latta *AD* (*Fig.* 5) al cui fondo s' assoda per mezzo d' una vite maschia formata a capo della canna del robinetto, che già dicemmo essere aggiunto all' inferiore estremità del vaso d' ottone. Siccome questo robinetto necessariamente sporge un poco in fuori dalla canna, così resta un piccol vuoto tra la canna e il fondo del vaso di latta fatto per riceverla. A riempier questo vuoto, si divide per lungo un pezzo di sughero capace appunto d' empierlo tutto, e i due pezzi si scavano per guisa che s' adattino perfettamente al robinetto, e lo stringano per ogni parte. Ciò si vede rappresentato in *NO* all' estremo inferiore del vaso *GK* (*Fig.* 4).

Per ultimo si versa in *AD* (*Fig* 5) tant' acqua da ricoprir tutto il vaso d' ottone, e la temperatura s' osserva con un termometro avente ogni grado di Farh. diviso in decimi. Copresi la tina *AD* di fanella assai grossa e fitta, per opporsi alla facoltà raffreddatrice dell' aria esterna.

Con quest' apparato io feci la sperienza seguente. L' aria della camera era a 48. S' introdusse nel vaso *GK* un tal misto d' aria deflogisticata e d' aria infiammabile che il volume della prima stava a quello della seconda come 1 a 2; il vaso fu fissato a vite al fondo della tina, e coperto di once 16. dr. 2. scrup. 2 *Troy* d' acqua. Rimasta l' acqua nella tina quanto bastò affinchè la sua temperatura divenisce stazionaria, fu questa di gr. 46, 1 +

Allora i due gas furono accesi mediante la scintilla elettrica, e la temperatura fu:

Dopo

Dopo 1 minuto - - - -	47, 3	
2 - - - - - - - -	47, 9	
3 - - - - - - - -	48, 3	
4 - - - - - - - -	48, 4	
5 - - - - - - - -	48, 5	
6 - - - - - - - -	48, 6	
7 - - - - - - - -	48, 6	
8 - - - - - - - -	48, 6	+
9 - - - - - - - -	48, 6	+

Rimosso ora il vaso, ed agitata per breve tempo l' acqua, affinchè il calore si distribuisse equabilmente, la temperatura uniforme fu 48, 6 +. Al tempo della sperienza era il barometro a 30, 6.

L' aria deflogisticata era di tal qualità che secondo la misura di *Priestley* corrisponde a 0, 2. L' aria infiammabile erasi ottenuta dalla dissoluzione della limatura di ferro nell' acido vitriolico.

Siccome il vaso *G K* non potè essere perfettissimamente esaurito, dovette restarvi tuttavia qualche leggera dose d' aria comune al momento che vi s' introdusse il miscuglio delle due deflogisticata ed infiammabile: qualche poco d' aria comune dovette pure indispensabilmente mescolarsi con questi due gas, quando per mezzo della siringa furono intrusi nella vescica prima d' introdurli nel vaso. L' aria infiammabile poi quantunque svolta con rapida effervescenza, e passata replicatamente per l' acqua all' oggetto di ripurgarla, pure non potè essere del tutto scevra di gas acido vitriolico e d' altre misture che ordinariamente ne depravano la qualità.

Per tutti questi motivi, terminata la sperienza

trovossi tuttavia nel vaso *GK* un residuo d' aria che non soffrì cangiamento dall' accensione. Se ne misurò la quantità nel modo seguente. Staccato il vaso dalla tina fu subito tuffato nell' acqua, e girato il robinetto inferiore si permise all' acqua l' ingresso. Lasciatolo così finchè non v' entrava più acqua, si chiuse il robinetto, e si pesò il vaso: poscia riempiuto il vaso totalmente di acqua, fu pesato di nuovo: così si fece palese che al termine della sperienza vi eran rimaste once 5 dram. 3 misure d' aria.

Il calore primiero dell' acqua era in questa sperienza di 46, 1 +. Dopo 9 minuti, tolto di mezzo il vaso, e commossa l' acqua, il termometro era a 48, 6 +. Dunque il calore comunicato dalla deflagrazione delle due arie fu di gr. 2, 5. Questa sperienza fu ripetuta assai volte; il risultato medio diede il calore comunicato di gr. 2, 4.

Di quì si può passare a determinare col calcolo quanti gradi di calor sensibile questa deflagrazione avrebbe comunicato ad una egual quantità d' aria pura e d' aria infiammabile, frammischiate nella proporzione medesima.

Il peso del vaso *GK* fu di once 23 dr. 1 scr. 2. *Troy*, vale a dire grani 11140. La capacità dell' ottone è a quella dell' acqua come 1 ad 8, 9. Vale a dire once 8, 9 d' ottone ossia grani 4272 eguagliano in capacità un oncia d' acqua; e per conseguenza grani 11140 eguagliano in capacità once 2, 607 d' acqua.

La capacità della tina in cui era l' acqua ed il vaso d' ottone era a quella di once 34 d' acqua come

me 1 a 21, 4. O in altri termini, la quantità di calore assoluto contenuta nella tina era eguale a quella contenuta nella $\frac{1}{21,4}$ parte di once 34 d' acqua; ossia eguale a quella contenuta in once 1, 58 d' acqua. La quantità d' acqua usata in questa sperienza fu di once 16 dr. 2 scrup. 2, ossia di once 16, 33 prossimamente. L' apparato d' ottone, come ho detto, equivale ad once 2, 607 d' acqua, e la tina ad once 1, 58. Quindi l' acqua, la tina, ed il vaso equivalgono tutti insieme in capacità ad once 20, 517 d' acqua.

La sola parte più pura dell' aria infiammabile fu quella che potè combinarsi coll' aria deflogisticata in queste sperienze.

Ora la gravità specifica dell' aria infiammabile purissima è a quella dell' aria comune come 1 a 12, ed a quella dell' aria deflogisticata circa come 1 a 12, 1. Quindi se i volumi dei due gas nella nostra sperienza fossero stati eguali, i loro pesi sarebbero stati in ragione di 1 a 12, 1. Ma siccome il volume del gas infiammabile era doppio di quello del gas deflogisticato, così i pesi furono come 1 a 6, 05. Però la gravità specifica del composto risultante da questi due gas mescolati nella proporzione accennata era a quella dell' aria deflogisticata, come $\frac{1}{2,574}$ ad 1, ed a quella dell' aria infiammabile, come $\frac{1}{2,574}$ ad $\frac{1}{12,1}$, ossia come 4, 7 ad 1. E poichè la gravità specifica dell' aria infiammabile è

a quella dell' acqua come 1 a 9960, così la gravità specifica dell' acqua è a quella del gas composto come 2119 ad 1.

Ma il calor comparativo dell' aria deflogisticata purissima è a quello dell' acqua come 4,75 ad 1 prossimamente, e il calor comparativo dell' aria infiammabile è a quello dell' acqua come 21, 4 ad 1. Dunque il calor comparativo del gas composto è a quello dell' acqua come 7, 11 ad 1.

Restò nel vaso, come ho avvertito, un residuo di once 5 dram. 3 misure. Egli è manifesto che questo residuo che consistea nella massima parte in aria flogisticata mista a qualche poco d' aria comune non soffrì cangiamento alcuno di capacità durante la combustione.

Ciò apparisce dalle sperienze di *Cavendish*, che ha provato che l' aria pura e l' aria infiammabile si convertono quasi tutte in acqua quando s' infiammano colla scintilla elettrica in vasi chiusi; e che la piccola dose d' aria che resta nel vaso al termine della sperienza, è in proporzione di quei gas eterogenei co' quali quelle due arie sono mescolate prima della combustione.

La quantità totale d' aria che riempiva il vaso *GK* era di once 16 dr. 3 misure assai prossimamente. Ora la quantità che rimase inalterata essendo once 5 dr. 3 misure, ne segue che il volume di quelle porzioni d' aria che si combinarono e furon cangiate in acqua, fu di 11 once misure. La quantità d' acqua adoprata in questa sperienza fu di once 16, 33; la tina ed il vaso eguagliavano in capacità once 4, 187 d' acqua;

in

in conseguenza le quantità relative dell' aria e dell' acqua erano come 11 a 16, 33 più 4, 187 ossia come 11 a 20, 517.

Abbiam detto che la gravità specifica del gas composto di cui facemmo uso, era a quella dell' acqua come 1 a 2119. Però la massa di once 20, 517 d' acqua è alla massa di once 11 misure del gas composto, come 3952, 3 ad 1. L' acqua per la deflagrazion delle arie salì come osservammo di gr. 2, 4. Se le capacità del gas composto e dell' acqua fossero state eguali, egli è certo che quello stesso calore che valse ad alzare 3952 parti d' acqua di gr. 2, 4, avrebbe potuto alzare una parte di gas di gr. 9484, 8. Ma la capacità de' gas è a quella dell' acqua come 7, 11 ad 1. Quindi lo stesso calore avrebbe innalzato queste arie solo d' un settimo di gr. 9484, 8 ossia di gr. 1333. Di quì si può determinare l' intera quantità di calore che i due gas contengono ad una data temperatura, espressa questa quantità in gradi del termometro.

Le arie dunque prima della combustione contenevano una quantità di calore sufficiente a rialzarle di gr. 1333. Se noi supponghiamo che quando esse furono accese dalla scintilla elettrica deponessero tutto il calore che contenevano, ne seguirà che il punto della total privazione, o vogliam dire il grado di freddo a cui dovrebbero ridursi per privarli in tutto del lor calore è 1333 gradi più basso della comune temperatura dell' atmosfera. Ma una parte del calore che esse contenevano fu ritenuta dall' acqua che fu il prodot-

to della loro unione: giacchè il calore che fu sviluppato dai gas è la differenza fra la total quantità di calore che essi contenevano, e la quantità di calore che si contiene in un egual peso d' acqua alla medesima temperatura. Abbiam veduto che l' intera quantità di calore assoluto nel gas composto dei due, puro ed infiammabile, sta a quella contenuta in egual peso d' acqua alla stessa temperatura, come 7, 11 ad 1. Quindi la differenza tra il calore assoluto del gas composto e quel dell' acqua è 7, 11 meno 1, ossia 6, 11.

Or questa differenza abbiam mostrato esser tale che avrebbe riscaldato il gas composto di gr. 1333. A scoprire adesso quanto sarebbesi alzata la temperatura dello stesso composto dal calore che restò trattenuto nell' acqua, diremo: se 6, 11 danno gr. 1333, quanto darà 1? Quindi apparirà che il calore ritenuto dall' acqua avrebbe riscaldato il gas composto di gr. 218; aggiungendo questi a 1333 avremo gr. 1551 per l' intera quantità di calore contenuta nel gas composto, espressa in gradi del termometro, e contata dal punto della total privazione *.

Si

* Io debbo quì rendere la dovuta giustizia al Dr. *Irvine* col riconoscere che il raziocinio che mi dirigge in questa ricerca a determinare la total quantità di calore contenuta nell' aria, è in tutto simile a quello di ch' egli usò assai prima a calcolare l' infimo grado di calore ne' corpi, deducendolo dalle capacità relative del ghiaccio e dell' acqua, e dalla quantità di calore che l' acqua depone nel congelarsi. Si potrebbe consultare il Trattato di Filosofia Naturale di *Nicholson*, ove si troverà spiegata la Proposizione che serve a sciogliere questo curioso Problema.

Si avverta che ho appoggiato il calcolo precedente ai calori comparativi dei gas, e dell' acqua, e non già a quelli dei gas e del vapore acqueo. Infatti quantunque nelle mie sperienze i due gas dovessero a tutta prima cangiarsi in vapore acqueo, pure siccome il vaso era attorniato d' acqua fredda, e siccome vi restò tuttavia molt' aria dopo la deflagrazione, così il vapore nel decorso della sperienza dovette immancabilmente condensarsi.

Egli è evidente che nella nostra sperienza la conversione dell' aria pura e dell' aria infiammabile in acqua lasciò un vacuo imperfetto: ora alcuni fisici han creduto che un vacuo possa contener del calore.

A decider dunque il problema della capacità del vacuo pel calore, feci la sperienza che segue. I cilindri dell' aerometro pieni d' aria atmosferica furon tenuti per qualche tempo nel bagno d' acqua al calor dell' acqua bollente, non ad altro oggetto che affinchè i robinetti riscaldati ugualmente per tutto, chiudessero a prova d' aria. Allora si esaurì l' aria d' un di questi cilindri per mezzo d' un sifone connessogli a vite, il quale comunicava con una tromba pneumatica. Rimessi poscia nel bagno i cilindri e riscaldatili per alcuni minuti, furono tuffati immantinente ne' vasi di latta, contenenti eguali quantità d' acqua fredda. Da questa sperienza che fu più volte rinnovata si palesò chiaramente, che il vacuo ha men capacità pel calore che non ha l' aria atmosferica, e che se contien del calore, ne ha una quantità

così

così scarsa, che i miei termometri non saprebbero valutarla. Che se pur vogliamo ammettere che il vacuo formato dalla deflagrazione dell' aria pura e dell' aria infiammabile in vasi chiusi contenga qualche poco di calore, ne seguirà che lo Zero termometrico naturale è alquanto più basso di quel che s' è rilevato dal calcolo precedente. Ed in tal caso lo Zero naturale che si deducesse da sperienze fatte con tali sostanze che al cangiar di forma non cangino considerabilmente di volume, riuscirebbe anche più distante dalla temperatura comune dell' atmosfera, di quel che riesca lo Zero dedotto dalle sperienze fatte coll' aria pura e coll' aria infiammabile. Per altro a determinar questo punto con precisione si richiederebbe la più squisita accuratezza. Frattanto io credo si possa conchiudere sicuramente, che il gas composto d' aria pura ed infiammabile, alla temperatura di gr. 50 contiene prossimamente gr. 1550 di calore.

Tutti i corpi che hanno la stessa temperatura debbon mostrare gli stessi gradi di calor sensibile, se questi gradi sian segnati da un termometro equabile, e sian contati dal termine della privazione assoluta. Se dunque la total quantità del calor sensibile contenuto nell' aria alla comune temperatura dell' atmosfera era di gr. 1550, ne segue che il numero de' gradi di calore anche in tutti gli altri corpi alla stessa temperatura sarà pure di 1550; e in conseguenza sarà questo il punto a cui se giungesse la temperatura d' un corpo, esso diverrebbe assolutamente freddo.

Di

Di quì è manifesto che se per le nostre sperienze fatte su i gas, il vero Zero, ossia il punto del freddo assoluto è stato giustamente determinato, esso dee trovarsi d'accordo collo Zero per egual maniera determinato da simili sperienze sopra altri corpi che producono calor sensibile o freddo nell'atto che cangian di forma. *Lavoisier* e *Laplace* hanno inteso mostrare che lo Zero, ossia il punto di total privazione determinato dai cangiamenti di capacità, e dalle quantità di calore sviluppato da' corpi in varie circostanze, non è altrimenti uniforme. Essi però riconoscono che i divarj non son maggiori di quelli che ponno nascere da errori inevitabili nelle sperienze di questo genere. Io ne ho fatto molte ad oggetto di decidere una tal questione: ho trovato costantemente che quando i corpi producevan calore in grazia d' un cangiamento di forma, le loro capacità erano scemate: quando al contrario producean freddo, le loro capacità erano cresciute. Ma non m' è tuttora riuscito di portare le mie sperienze a tal grado d' accuratezza da poter fidatamente decidere, se la relazione fra i cangiamenti di capacità e le quantità del calore o del freddo prodotte sia tale da dare un risultato uniforme per il punto di total privazione. Le sperienze però non eran punto incompatibili con detta legge, e non ne discordavano, se non quanto potea ragionevolmente temersi dalle incertezze imprescindibili da siffatti tentativi.

Determinata la quantità total di calore esistente ne' due gas, puro ed infiammabile, possiamo

ora

ora inferirne la capacità del vapore acqueo. L'aria pura alla temperatura comune dell' atmosfera contien dunque gradi 1550 di calore; e gli altri corpi pure ne contengono altrettanti, quando si trovano alla stessa temperatura. L'acqua dunque alla comune temperatura dell' atmosfera conterrà gr. 1550 di calore; ed alla temperatura 212 ne avrà incirca 1650. Ma il calore assorbito dal vapore acqueo è di gr. 914, come dalle sperienze di *Watt*. Dunque la capacità dell'acqua è a quella del vapore acqueo come 1650 a 1650 più 914, ossia come 1 ad 1, 55. Ma la capacità dell' acqua è a quella dell' aria pura come 1 a 4, 749. Dunque la capacità del vapore acqueo sta a quella dell' aria pura come 1, 55 a 4, 749; o come 1 a 3 prossimamente.

L' aria deflogisticata contiene dunque più calore assoluto che non ne contengono l' aria fissa, l' aria flogisticata, e il vapore acqueo.

In un misto adunque d' aria pura e d' aria flogisticata, la quantità di calore crescerà se si accresca la dose del primo ingrediente, e scemerà se si accresca quella del secondo. E di fatti troviamo che il calor comparativo dell' aria perfettamente pura sta a quello dell' aria atmosferica che è composta d' un quarto d' aria pura e tre quarti d' aria flogisticata, come sta 2, 2 ad 1.

Quì nasce naturalmente la riflessione che le quantità di calore assoluto esistenti in eguali volumi d' aria respirabile aventi diversi gradi di purezza non sono esattamente proporzionali alle quantità d' aria pura contenute in questi volumi:

p. e.

p. e. la quantità d' aria pura esistente in un dato volume d' aria deflogisticata purissima, è quadrupla di quella che trovasi in un egual volume d' aria atmosferica: eppure il calor comparativo della prima è a quello dell' altra soltanto in ragione di 2, 2 ad 1. La ragione è manifesta: l' aria flogisticata che è uno degl' ingredienti dell' aria atmosferica, contiene anch' essa una notabil dose di calore assoluto.

Ma se dal calore assoluto che contiensi in una data qualità d' aria respirabile si detragga il calore che esiste in quella parte di quest' aria che non è alterata nella respirazione, la quantità di calore contenuta nell' altra parte che rimane, si troverà prossimamente proporzionale alla facoltà che gode quest' aria di sostener la vita animale. Così se dal calore esistente in un dato volume d' aria atmosferica noi leviamo il calore dell' aria flogisticata che n' è uno degl' ingredienti, e che non resta alterata nella respirazione; il calor che rimane nell' altra parte starà al calor che si contiene in un volume d' aria deflogisticata eguale a quello dell' aria atmosferica, come 1 a 4 prossimamente. Il Dr. *Priestley* le di cui scoperte in questo genere han meritata tanta celebrità, ha provato che la facoltà di cui gode l' aria deflogisticata di sostener la vita animale è presso a poco quintupla di quella dell' aria comune.

Dove è a riflettere che la facoltà di cui gode ciascuna sorte d' aria respirabile di mantener la vita e la respirazione, è bensì presso a poco proporzionale alla dose d' aria pura ch' essa contiene;

ma non è però precisamente in questa proporzione rigorosa. Così le quantità d' aria pura contenute in eguali volumi d' aria deflogisticata purissima e d' aria atmosferica, sono come 4 ad 1; ma la facoltà che ha la prima di servire alla respirazione è a quella della seconda come 5 ad 1. La ragione di questo divario sembra esser quella accennata da *Kirwan*: che qualche parte dell' aria pura contenuta nell' aria atmosferica resta garantita e sottratta all' azion de' polmoni per cagion dell' aria flogisticata, nella quale essa trovasi inviluppata e dispersa.

Dal complesso di quanto fin quì abbiamo esposto, abbiam tutta la ragion di conchiudere: 1. Che la parte più pura dell' aria atmosferica scema in capacità nel cangiamento ch' ella subisce entro i polmoni. 2. Che in qualunque qualità d' aria respirabile che non sia purissima, se noi leviamo il calore di quegl' ingredienti che restano inalterati nella respirazione, il calor che rimane è prossimamente proporzionale alla facoltà di cui gode quell' aria di servire alla respirazione ed alla vita.

Proposizione II.

Il sangue che passa da' polmoni al cuore per la vena polmonare contiene maggior copia di calore assoluto che non ha il sangue che passa dal cuore ai polmoni per l' arteria polmonare.

Io chiamerò il primo sangue *arterioso*, poichè è quello che per l' aorta viene spinto nel sistema arterioso; e l' altro sangue *venoso*, poichè è desso

so che vien ricondotto per le vene.

A determinare il calore comparativo del sangue arterioso e del sangue venoso si fecero le seguenti sperienze.

Sperienza I.

Aria della camera a 68. Mezza libbra d' acqua *Avoirdupois* a 53 fu mescolata con mezza libbra e 400 grani di sangue arterioso a 102. La miscela fu

dopo 1 minuto - - - 78
2 - - - - - - - 77, 75
3 - - - - - - - 77, 5 quì si coagulò.
4 - - - - - - - 77, 5

Sperienza II.

Mezza libbra d' acqua a 53, 5 fu mescolata con once 9 e grani 232 di sangue venoso a 99, 33. La miscela fu:

dopo 1 minuto - - - 76
3, 5 - - - - - - 76 quì si coagulò.
8 - - - - - - - 76
9 - - - - - - - 75, 75

Nel fare queste sperienze richiedeasi la massima sollecitudine, per poter determinare il calor della miscela prima del coagulo. Quindi si cominciò dal pesare esattamente l' acqua. Si prese mezza pinta di sangue dall' arteria carotide d' una pecora per la prima sperienza, e dalla vena jugulare per la seconda: allora il calor della miscela si osservò col termometro, e il peso del sangue fu poi determinato al termine della sperienza.

Nel trarre dall' animale il sangue arterioso, e successivamente il venoso, il primo comparve men fluido del secondo; ed abbiam già veduto che mescendoli con eguale quantità d' acqua, il sangue venoso tarda a coagularsi alquanto più dell' arterioso.

A calcolare il calor del sangue arterioso deducendolo dalla prima sperienza, osserveremo che siccome in questa sperienza il sangue fu versato sopra dell' acqua, così alcun poco di calore dovette dissiparsi nel suo passaggio per l' aria. Ho rilevato da un tentativo fatto appresso, che questa perdita è incirca di un grado. Se questo calore fosse pervenuto alla miscela, ne avrebbe rialzata la temperatura di mezzo grado circa. E siccome la miscela prima del coagulo si raffreddava a ragione d' un quarto di grado per ciascun minuto, così dobbiamo aggiungere almeno mezzo grado pel calore perduto nel primo minuto: il che ne darà 78, 5 per la temperatura della miscela.

Fu fatta la sperienza in un vaso di peltro, la cui capacità pel calore era a quella dell' acqua come 1 a 16. La quantità dell' acqua era di 8 once; per conseguenza il calor ricevuto dal vaso fu eguale a quello che sarebbe stato ricevuto da un sedicesimo di 8 once, ossia da mezz' oncia d' acqua. Dal che segue che l' effetto del vaso e dell' acqua insieme equivale a quello che sarebbe stato prodotto da once 8, 5 d' acqua.

La temperatura della miscela fu 78, 5; sottraendola da 102 resterà 23, 5 pel calore perduto

dal

dal sangue. L'acqua ed il vaso insieme si rialzarono da 53 a 78, 5 ossia di 25, 5. La quantità del sangue era di once 8 grani 400 *Avoirdupois*, ossia grani 3899. Perciò il calor del sangue arterioso è a quel dell'acqua in ragion composta di once 8, 5 ad once 8 e gr. 400, e di 25, 5 a 23, 5, ossia è come 103 a 100. In conseguenza il calor dell'acqua è a quello del sangue arterioso come 100 a 103; o come 97, 08 a 100.

Nella Sperienza II. aggiungendo mezzo grado pel calore perduto nel primo minuto, noi avremo 76, 5 per la temperatura della miscela. Il sangue si raffreddò da 99, 33 a 76, 5, ossia incirca di 22, 83. L'acqua col vaso si rialzarono da 53, 5 a 76, 5, ossia di 23. La quantità del sangue venoso era di once 9 e gr. 232 *Avoirdupois*, ossia grani 4168. L'acqua ed il vaso insieme facevano once 8, 5 d'acqua. Quindi il calor del sangue venoso sta a quello dell'acqua in ragion composta di once 8, 5 ad once 9 e grani 232, e di 22, 83 a 23; ossia come 100 a 112.

Chiamando il sangue arterioso *A*, il venoso *V*, e l'acqua *W*, la proporzion dei calori sarà come segue *V* : *W* : *A* : : 97, 08 : 100 : 112. Quindi *V* : *A* : : 97, 08 : 112; ossia incirca come 10 ad 11, 5.

A scoprire se la respirazione induce lo stesso cangiamento anche nel sangue d'altri animali, si fecero sopra d'un cane nuove sperienze in tutto analoghe alle precedenti. E l'inesattezza che potea temersi nelle prime in grazia della tendenza del sangue al coagulo, fu schivata col mescolar l'

acqua al sangue in tal quantità che per molti minuti tardasse il coagulo a manifestarsi. Quando si estraevano dalla vena jugulare del cane circa 2 once di sangue venoso, e si mescevano sollecitamente con 13 once d' acqua, niuna disposizione al coagulo si ravvisò per li tre primi minuti. Alla fine del quarto minuto, la fluidità della miscela parve alquanto scemata; ed alla fine del sesto era coagulata compiutamente.

Estraendo dall' arteria carotide del cane once 1 dr. 7 scr. 2 di sangue arterioso, e mescendolo con once 13 *Troy* d' acqua a mediocre temperatura, la tendenza alla coagulazione cominciò a manifestarsi dopo tre minuti e mezzo; ed al termine del quinto minuto il coagulo era completo. Col variar queste sperienze trovai che quando una parte di sangue mescolavasi con circa dodici d' acqua, non si manifestava coagulo per parecchie ore: ond' era affatto prevenuta l' inesattezza che potesse temersi da una tendenza al coagulo. Da molte prove fatte con queste precauzioni apparì che il calor comparativo del sangue arterioso d' un cane è a quello del sangue venoso, come 114 a 100: nelle sperienze fatte col sangue d' una pecora i calori comparativi furono come 115 a 100. Il divario può benissimo esser nato dalle aberrazioni inevitabili a cui van soggette tali sperienze. Per altro non è neppure inverisimile che l' eccesso del calor comparativo del sangue arterioso sopra il venoso sia maggiore in alcuni animali, minore in altri.

Frattanto dalle addotte sperienze possiam dedurre

durre in generale, che il sangue che passa dai polmoni al cuore per la vena polmonare contiene più calore assoluto di quel che passa dal cuore ai polmoni per l' arteria polmonare.

Proposizione III.

Le quantità comparative di calore de' corpi che si suppongono contener flogisto sono accresciute ne' cangiamenti che questi corpi subiscono nei processi della calcinazione, e della combustione.

Alcuni Fisici dell' età nostra han richiamata in dubbio l' esistenza del flogisto. Non sembra però che sino ad ora sia stata recata alcuna prova evidente che ne costringa a rigettare questo principio. Noi sappiamo che la combinazione dell' aria infiammabile colla parte più pura dell' aria atmosferica dà luogo ad una specie particolare di combustione. Sappiamo altresì che dalla maggior parte de' corpi combustibili si ottiene aria infiammabile, coll' esporli al calore in vasi chiusi. Esiste dunque nella massima parte de' corpi combustibili l' aria infiammabile o la sua base; e siccome non si trova che questi corpi contengano verun altro principio essenziale alla loro infiammazione, ne segue che l' aria infiammabile o la sua base può giustamente riguardarsi come il flogisto de' Chimici *. Potrebbe tuttavia nascer dubbio,

* V. la Memoria di *Kirwan* sopra quest' argomento. Trans. Fil. Vol. LXXII. pag. 195. Vedi ancora il Saggio sul Flogisto dello stesso Autore.

che i Chimici si fossero ingannati nel supporre l'evoluzione di questo principio necessaria in tutti i processi della combustione e della calcinazione. Giacchè se oltre il principio infiammabile esista in natura qualche altra sostanza suscettibile di combinarsi coll'aria pura, e se in grazia di questa combinazione l'aria pura venga a subire una rapida ed improvvisa diminuzione di capacità, basterà ciò ad ottenere la fiamma, e tutti i fenomeni della combustione.

Lavoisier, il principale tra gli oppositori della dottrina flogistica, suppone che i metalli siano sostanze semplici, che a certe temperature sono suscettibili di contrar combinazione coll'aria pura, e che per questa combinazione si convertono in calce. Esposte nuovamente al calore le calci in contatto col carbone, il carbone combinasi coll'aria pura cangiandola in acido aereo; e così espulsa l'aria pura per mezzo della prevalente attrazion del carbone, i metalli vengon ripristinati. Egli riguarda alla stessa guisa il solfo, ed il fosforo come sostanze semplici, che nella combustione si cangiano in acidi, combinandosi coll'aria pura.

Questa teoria ne conduce necessariamente alle seguenti illazioni. Se l'aria infiammabile che si sviluppa dalla dissoluzione de' metalli negli acidi, da quella del solfo negli alcali, e dal carbone esposto al calore, non procede dai metalli stessi, dal solfo, dal carbone, ma bensì, come pretende *Lavoisier*, dalla decomposizione dell'acqua, la quantità dell'aria infiammabile che si produce in

ques-

questi casi dee trovarsi precisamente tanta, nè più nè meno, quanta è l'aria infiammabile che si contiene in quel volume d'acqua che si è decomposta. Ora la quantità d'aria infiammabile che esiste nell'acqua è circa un sesto del totale, gli altri cinque sesti son d'aria pura. Nella dissoluzione de' metalli negli acidi suppone *Lavoisier* che l'acqua si decomponga: l'aria pura s'unisce al sale metallico; l'aria infiammabile si sviluppa e sfugge. Quando il sal metallico si unisce ad un alcali caustico, l'aria pura che era prima unita al sale resta aderente alla calce, e precipita con essa al fondo del vaso. Quindi il peso del precipitato trovasi maggiore del peso primitivo del metallo.

Posta per vera la Teoria di *Lavoisier*, la quantità dell'acqua che si decompone dee potersi determinare. Essa deve esser maggiore d'un quinto dell'eccesso del peso della calce sopra il peso primiero del metallo *. Dividiamo adunque questo eccesso in cinque parti eguali, e se il peso dell'aria infiammabile lo troviamo per appunto eguale ad una di queste parti, potremo allora conchiudere con molta verosimiglianza che l'aria infiammabile derivò tutta dall'acqua. Se lo troviamo maggiore, possiamo inferirne con certezza che una

* Le sperienze di *Priestley* provano che in qualche caso si ottien dell'acqua col riscaldare le calci metalliche in contatto coll'aria infiammabile. In questi casi, se fosse vera l'ipotesi di *Lavoisier*, si dovrebbe poter trovare la quantità dell'acqua che restò decomposta nell'atto della calcinazion del metallo; essa dovrebbe esser eguale alla quantità dell'acqua riprodotta.

na parte almeno di quest' aria deve essersi sviluppata dal metallo disciolto. Se minore, ne seguirà che l'aria pura che si è unita alla calce non è tutta derivata dalla decomposizione dell' acqua.

L' eccellente opera di *Kirwan* sul flogisto fa veder veramente che l'ipotesi della decomposizione dell'acqua in questi casi non è appoggiata sopra alcuna sperienza decisiva: e che perciò l' opinione che esclude l'antica teoria del flogisto posa sopra basi incerte e malsicure.

Tuttavia siccome questa questione intorno all' esistenza del principio infiammabile nei metalli, nel carbone, nel solfo, e nel fosforo non sembra tuttor decisa definitivamente: io non m' impegnerò quì d' avvantaggio nella medesima. Mi ristringerò a dimostrare che qualunque sia la natura del cangiamento che soffrono i corpi che si suppongono contener flogisto, ne' processi della calcinazione e della combustione, le quantità del lór calore assoluto sempre s' aumentano. Apparirà ciò dalle seguenti sperienze.

Sperienza I.

Aria della camera a 49. Si versarono in un vaso di latta once 16 d' acqua, e si riscaldarono fino a 127. Vi si mescolarono once 18 d' antimonio diaforetico lavato a 49, 1.

Il vaso fu posto allora nel bagno di vapore già descritto. Esso posava sopra un sottil pezzo di sughero collocato nel fondo del bagno, e la sua bocca era pure chiusa con turacciolo di su-

sughero a prevenir l' ingresso dell' aria esterna. Il bagno era alzato alla temperatura fissa di 102.

Agitata la miscela tanto che le sue parti diverse si riducessero prossimamente ad un egual calore, la sua temperatura misurata da un termometro a cilindro che giungeva dalla superficie al fondo della miscela, fu dopo 2 minuti - 111, 75
6 - - - 111, 75
8 - - - 111, 75

Per tentativi fatti in appresso rilevai che l' agitazion della miscela ne scemò la temperatura di circa 0, 33. Aggiungendo dunque 0, 33 a 111, 75 avremo 112, 08 vera temperatura della miscela.

In questa sperienza fu l' antimonio che freddo s' introdusse nel vaso, che contenendo già l' acqua calda, era caldo esso pure. Il calore comunicato dal vaso era eguale a quello che sarebbe stato comunicato da once 0, 85 d' acqua.

L' acqua si raffreddò di 14, 92; l' antimonio si riscaldò di 62, 58. Poichè dunque l' antimonio raffreddò di 14, 92 once 16 d' acqua e di più il vaso, ciò val lo stesso che se esso avesse raffreddate once 16, 85 d' acqua. Quindi il calor comparativo dell' acqua è a quello dell' antimonio diaforetico in ragion composta di 14, 92 a 62, 58 e di 16, 85 a 18, ossia è come 4, 4 ad 1 prossimamente.

Siccome la calce usata in questa sperienza era unita ad una notabile quantità d' aria, io intrapresi di spogliarnela, quanto era possibile, col bagnarla d' acido nitroso ed esporla a un calor rovente, secondo la pratica raccomandata da *Scheele*.

le. Dopo questa operazione, il suo calore assoluto trovossi essere a quello dell' acqua come 1 a 6. Il rapporto poi del calore assoluto del regolo d' antimonio a quel dell' acqua era di 1 a 15, 5.

Per analoghe sperienze m' accinsi a determinare i calori comparativi di molti metalli e calci metalliche, esaminando queste ultime quando aerate, e quando spogliate in gran parte dell' aria pura per mezzo dell' acido nitroso, e dell' arroventamento. I risultati son compresi nella Tavola seguente.

Antimonio diaforetico lavato - -	0, 22727
Antimonio diaforetico lavato, purgato dall' aria come sopra - - -	0, 16666
Regolo d' antimonio - - - - - -	0, 06451
Calce gialla di piombo purgata dall' aria * - - - - - - - - - -	0, 06802
Piombo - - - - - - - - - -	0, 03520
Calce bianca di stagno - - - -	0, 10869
Calce bianca di stagno purgata dall' aria	0, 09901
Stagno - - - - - - - - - -	0, 07042
Ruggine di ferro - - - - - -	0, 25000
Ruggine di ferro purgata dall' aria -	0, 16666
Ferro - - - - - - - - - -	0, 12696
Calce di Rame precipitata dal vitriolo azzurro per mezzo d' un alcali, e purgata dall' aria al solito - -	0, 22727
Rame - - - - - - - - - -	0, 11111
Ottone - - - - - - - - - -	0, 11235

Calce

* Questa calce si ottenne dal minio per mezzo dell' acido nitroso e del fuoco. I calori comparativi del minio e della calce gialla risultano presso a poco i medesimi.

Calce di zinco precipitata dal vitriolo bianco per mezzo d' un alcali, e purgata dall' aria - - - - - - 0, 13698
Regolo di zinco - - - - - - - - 0, 09433
Acqua - - - - - - - - - - - - 1, 00000

Per simili sperienze si può provare che il solfo contiene meno assoluto calore che non l' acido vitriolico, e l' olio ne contien meno dell' acqua, e dell' aria *.

Le sperienze che passo ora ad esporre mostreranno che ancor l' alcool ha meno calore assoluto dell' acqua.

Sperienza I.

Aria della camera a 61, 5. Nove once di terra calcare polverizzata a 61 furon mescolate ad once 10, 25 di spirito di vino a 139.

Agitata la miscela 20 volte colla lama sottile d' un coltello, ed osservata la temperatura con un termometro a cilindro che prendea dalla superficie al fondo, fu dopo 1 minuto 120, 75
2 - - - 120, 5
3 - - - 119, 75
4 - - - 119

Ho trovato che le parti della miscela si riducon più presto ad una temperatura uniforme, quan-

* Ciò apparisce dalle sperienze di *Kirwan*, delle quali *Magellan* ha pubblicato i risultati nel suo Trattato sopra il fuoco elementare. Secondo queste sperienze essendo il calor comparativo dell' acqua - - - - - - - - - - 1, 000
Quello del solfo è - - - - - - - - - - 0, 183
Dell' acido vitriolico di colore scuro - - 0, 429
Dell' olio di lino - - - - - - - - - 0, 528

quando sono agitate con un corpo piano e sottile. La lama d' un coltello è a quest' uopo opportunissima.

Rilevai in progresso, che il calore dissipato per l' agitazione nel decorso del primo minuto fu d' un grado. Aggiungendolo a gr. 120, 75 avremo 121, 75 vera temperatura della miscela. Lo spirito di vino si raffreddò dunque di gr. 17, 25; e la terra calcare si riscaldò di 60, 75.

In questa sperienza la terra calcare s' introdusse fredda nel vaso contenente già lo spirito di vino, e perciò riscaldato: ora la capacità del vaso equivalendo a quella di once 0, 7 di spirito di vino, il peso dello spirito di vino compreso il vaso può calcolarsi di once 10, 95. Il peso poi della terra calcare era d' once 9. Adunque il calor comparativo della terra calcare è a quello dello spirito di vino in ragion composta di 17, 25 a 60, 75 e di 10, 95 a 9; ossia come 1 a 2, 89. La gravità specifica dello spirito di vino usato in questa sperienza era di 0, 857.

Nella sperienza che segue adoperai altro spirito di vino, la cui gravità specifica era 0, 784.

Sperienza II.

Aria della camera a 60. Once 9 di terra calcare in polvere furon miste ad once 10, 25 di alcool a 139.

Agitata 20 volte la miscela colla lama sottile d' un coltello, la sua temperatura misurata col solito termometro fu:

Dopo

Dopo 1 minuto - - - 118, 75
2 - - - - - - - 118, 5
3 - - - - - - - 118
4 - - - - - - - 117

Contando un grado per il calote dissipato per l' agitazione nel primo minuto, sarà 119, 75 la vera temperatura. L' alcool adunque si raffreddò di 19, 25; e riscaldossi la terra calcare di 56.

La capacità del vaso essendo prossimamente eguale a quella di once 0, 8 d' alcool, l' alcool insieme col vaso equivaleva ad once 11, 15. Il peso poi della terra calcare era once 9. Quindi il calor comparativo della terra calcare sta a quello dell' alcool in ragion composta di 19, 25 a 56, e di 11, 15 a 9; ossia come 1 a 2, 34.

Sperienza III.

Aria della camera a 61. Once 9 di terra calcare in polvere a 62, 2 furon miste ad once 10, 5 d' acqua a 139.

Agitata la mistura 20 volte al solito, ed osservatane la temperatura, essa fu:

Dopo 1 minuto - - - 124, 75
2 - - - - - - - 124, 5
3 - - - - - - - 123, 75
4 - - - - - - - 122, 75

La capacità del vaso equivaleva a quella di once 0, 65 d' acqua, ed il calore perduto nel primo minuto fu assai prossimamente gr. 1, 2. Quindi quest' esperienza dà il calor comparativo della terra calcare a quello dell' acqua in ragione di 1

a 3, 9. E però il calor comparativo dell' acqua è a quello dell' alcool come 3, 9 a 2, 34; ossia come 1, 66 ad 1.

Sperienza IV.

Aria della camera a 62. Pieni entrambi i cilindri dell' aerometro d' aria atmosferica, si versarono nel vaso di latta *L* once 16, 5 di spirito di vino (di gravità specifica 0, 826) e nel vaso *R* once 20 d' acqua.

Le temperature dell' alcool e dell' acqua essendo a un di presso eguali, l' aerometro fu scaldato nel bagno d' acqua, tuffato indi ne' vasi di latta, ove restò per 16 minuti. Poscia rimosso, ed agitata sì l' acqua come l' alcool per breve tempo, la prima si trovò alzata in temperatura 2 gradi e l' altro 4. Per questa sperienza il calor comparativo dell' acqua è a quello dell' alcool, come 1, 5 ad 1.

Da tutte queste sperienze rilevasi in genere che i metalli contengono meno calore assoluto che le loro calci, il solfo meno che l' acido vitriolico, l' olio e l' alcool meno che l' acqua. I metalli che furono assoggettati alle mie sperienze sono sostanze fisse, e niuna parte di loro svapora nella calcinazione, tranne forse piccola parte del principio infiammabile che si sviluppa. Per lo contrario il solfo, l' olio, e l' alcool sono totalmente volatili all' applicazione del fuoco. Havvi altre sostanze, come il legno e il carbon fossile, le quali nel processo dell' infiammazione sono in parte fisse, in parte volatili. Trattandosi di queste sostanze noi non possiam già determinare se

le

le loro capacità sien cresciute nella combustione col paragonar la capacità loro con quella delle loro ceneri: perchè le ceneri che risultano dalla combustione d' una data quantità di queste sostanze non sono che una piccolissima parte del totale. Dalle sperienze del dotto e sagace Vescovo di Llandaff apparisce che il carbon fossile contiene materie fluide ed aeriformi che si ponno ricavare per mezzo della distillazione, per un terzo del suo peso: che il legno di quercia secca, e di salcio perde nella distillazione più di due terzi del suo peso; e che da libb. 106 *Avoirdupois* di quercia secca scorzata, non si hanno che once 19 di ceneri. E probabilmente se ne otterrebbe meno, bruciando egual peso di legna di quercia verde.

Ho trovato che le ceneri che si ricavano da libb. 56 di carbone di Newcastle pesano libb. 7 once 6. Nè queste ceneri erano già compiutamente calcinate. Esposte a un calor più violento in un crogiuolo, è probabile che avrebber sofferta diminuzione assai maggiore.

Il Dr. *Priestley* ha trovato che il carbone bagnato d' un po' d' acqua, e riscaldato quanto basta in vasi chiusi, si risolve quasi tutto in aria infiammabile pesante: fluido composto in parte d' aria infiammabile leggera, ed in parte o d' aria fissa, o d' una sostanza che si può riguardar come la base dell' aria fissa.

Se dunque la sperienza manifestasse che le capacità del legno, e del carbon fossile eccedon quella delle lor ceneri, non ne seguirebbe già che le capacità di queste sostanze scemino nella

combustione. Nel legno e nel carbon fossile i principj fissi esistono combinati con gran copia di principj volatili, consistenti principalmente in aria o pura, o fissa, ed in acqua: e le sperienze ci mostrano che i corpi che risultano da siffatti elementi combinati con de' principj fissi hanno più capacità pel calore, che non hanno gli stessi principj fissi quando sono soli ed isolati. Per esempio scorgesi nella Tavola recata quì sopra, che le calci metalliche aerate contengono maggior copia di calore assoluto, che non hanno le medesime, espulsa l'aria in gran parte dall' azion dell' acido nitroso e del fuoco.

Ho trovato ancora che la terra calcare contiene più calore assoluto che non la calce viva.

A determinare i calori comparativi della terra calcare, e della calce viva, ho preso l'alcool per comun termine di paragone. Per la calce viva non poteasi usar dell'acqua, perchè si sarebbe prodotto calor sensibile nella miscela: laddove coll'alcool il calore che svolgesi durante il primo minuto è sì piccolo che non porta divario di conseguenza nel risultato.

Sperienza I.

Aria della camera a 62, 5. Undici once di calce viva polverizzata a 66, 2 si mescolarono con once 10, 25 di alcool a 139.

Agitata la miscela 20 volte colla sottil lama d' un coltello, fu la temperatura:

Dopo

Dopo 1 minuto 119, 75
2 - - 120, 5
3 - - 121
4 - - 121, 75
5 - - 122, 75
6 - - 123, 75
7 - - 124, 75
8 - - 125, 5
9 - - 126, 5
11 - - 128
16 - - 131
21 - - 134, 5
31 - - 137, 5
41 - - 140
51 - - 134, 5

Sperienza II.

Mescolati alla temperatura 62 volumi eguali di calce viva, e dello stesso alcool, fu la temperatura:

Dopo 1 minuto 62, 2
2 - - 62, 4
3 - - 62, 5
4 - - 62, 6
5 - - 62, 7
6 - - 62, 8

La gravità specifica dell'alcool di queste sperienze fu 0, 784. Di quì apparisce che più calor sensibile si sviluppa mescendo la calce viva coll'alcool quando quest'ultimo è ad una temperatura molto alta, che non quando sono entrambi ad una bassa temperatura. Apparisce ancora che nel

primo caso il calor sensibile prodotto cresce per certo intervallo di tempo, sinchè giunge ad un massimo, dopo del quale comincia a scemare *.

Contando tre quarti di grado pel calor sensibile prodotto nella miscela, ed un grado pel calore dissipato nell' agitazione, resterà un quarto di grado pel calore perduto nel primo minuto. Aggiungendolo a 119, 75 verrà 120, vera temperatura della miscela. La capacità del vaso pareggiava quella di once 0, 8 d' alcool; quindi l' alcool ed il vaso insieme facevano once 11, 05: l' alcool si raffreddò di 19 gr. la calce si rialzò di 53, 8. Quindi il calor comparativo della calce viva a quello dell' alcool in ragion composta di 11, 05 ad 11, e di 19 a 53, 8; ossia di 1 a 2, 8.

Ora si è trovato prima il calor comparativo della terra calcare a quello dell' alcool in ragione di 1 a 2, 34. Dunque il calor comparativo della terra calcare eccede quello dell' alcool colla proporzione di 2, 8 a 2, 34 o di 1, 15 ad 1.

Kirwan ha provato che l' alcali volatile dolce ha più calore assoluto che non l' alcali caustico. Le sue sperienze pur mostrano che gli acidi nitroso e vitriolico deflogisticati hanno più calore assoluto che non i medesimi flogisticati; ed è assai probabile che la deflogisticazione di questi acidi nasca dalla evoluzione dell' aria infiammabile

* Egli è manifesto che lo sviluppo del calor sensibile crebbe per qualche tempo nella precedente sperienza. Poichè quantunque la salita del termometro fu per alcuni minuti equabile, pure siccome la temperatura andava crescendo, le quantità di calore portate via dall' aria in un dato tempo, continuamente aumentavansi.

le dall' assorbimento dell' aria pura. E l' acido vitriolico stesso, il quale probabilmente trae la sua fluidità dall' acqua, contien più calore assoluto quando è combinato con più copiosa dose di acqua.

Possiam da tutto ciò conchiudere generalmente che quando i principj fissi si combinano coll' aria pura, coll' acido aereo, o coll' acqua, la capacità del composto è maggior di quella dei principj fissi soli e scevri da combinazione: e che l' eccesso della capacità del composto sopra quella de' principj fissi è in qualche modo proporzionale alla quantità de' fluidi con cui questi si combinano. Quindi le capacità del legno e del carbon fossile, che sono composti di principj fissi combinati con gran copia di particelle aeree ed acquee, debbon essere maggiori di quelle de' principj fissi che restano, dopo che la combustione ha risoluto queste sostanze negli ultimi loro elementi *.

Ho procurato di determinar per molte sperienze i calori comparativi del legno, del carbon fossile, e delle loro ceneri. Ecco un prospetto de' risultati.

Raschiatura di pino - - - - - -	0, 50000
Carbon di legna - - - - - - -	0, 26315
Ceneri di questo carbone - - -	0, 09090
Ceneri d' olmo - - - - - - - -	0, 14025
Carbon fossile - - - - - - - -	0, 27777

* E' bene osservare che le ceneri de' vegetabili sono tuttavia combinate con una certa dose d' aria e d' acqua. Ma questa dose è assai più scarsa di quella che già esisteva ne' vegetabili anteriormente alla combustione.

Ceneri 0, 19230

Ceneri meglio bruciate 0, 18552

Per eseguir queste sperienze il corpo solido finamente polverizzato scaldavasi in un sottil vaso di latta fino alla temperatura 139; poi vi si versava sopra sollecitamente l' acqua fredda, e si avea cura di porre il vaso in tal luogo che l' ambiente avesse a un di presso la temperatura del misto. A quest' effetto serviron diverse parti della camera medesima: l' acqua prima della miscela ponevasi nella parte più fredda della camera, e la miscela trasferivasi alla più calda. Così la perdita di calore cagionata dalla necessaria agitazione per rendere equabile la temperatura del misto, diveniva sì piccola da non produrre che leggerissimi divarj nella sperienza. Essendosi queste sperienze fatte d' inverno, non fu difficile ottenere nella stessa camera una sufficiente diversità di temperatura, perchè il calore comunicato dal solido all' acqua fredda non era molto grande. Il solido alzavasi alla temperatura che si volea per mezzo del bagno di vapore già descritto: il calor del misto esploravasi con un termometro avente ogni grado di Farh. diviso in decimi.

Queste sperienze non corrispondon però del tutto con alcune pubblicate nella prima edizione. Ma siccome queste ultime sono state ripetute più volte con molta cura, e fatte con un metodo suscettibile di molta accuratezza, non posso a meno di non lusingarmi che assai s' accostino al vero.

Ri-

Risulta da esse che il legno ed il carbon fossile hanno più calore assoluto che non le loro ceneri. Non possiam però inferirne, come ho già fatto riflettere, che le capacità di queste sostanze diminuiscano nella combustione: anzi non possiam neppure conchiuderne che le capacità de' principj fissi che esse contengono restino in queto processo scemate. Non ostante queste sperienze può benissimo darsi che i principj fissi mentre esistevano nel carbone e nel legno come principj costituenti, avesser meno capacità che non hanno nel loro successivo stato di ceneri. Supponghiamo p. e. che la capacità de' principj terrei ed alcalini che esistono nella quercia secca stia a quella della quercia, come 1 a 10; ne seguirà che la capacità di questi principj presso a poco si raddoppia quando essi nella combustione si cangiano in ceneri: perchè troviamo infatti che il rapporto della capacità delle ceneri di quercia a quella della quercia stessa è di 1 a 5.

Quand' anche volessimo pur supporre, malgrado l'analogia, che la capacità delle ceneri di legno e di carbon fossile scemi nella combustione; egli è però manifesto che la somma delle capacità de' principj ne' quali queste sostanze bruciando si risolvono, viene accresciuta. I corpi fissi, come s'è mostrato, hanno meno capacità che non l'aria pura, l'acido aereo, e l'acqua. Quando queste sostanze si combinano chimicamente fra loro, egli è assai probabile che le capacità de' principj fissi crescano, quelle de' principj volatili diminuiscano. Quindi non possiamo già supporre

che i principj fissi che entrano nella composizione del legno abbiano maggior capacità che non ha il legno stesso, composto che risulta da questi principj uniti all'aria ed all'acqua. Ciò posto, immaginiamo a cagion d'esempio che le capacità de' principj fissi siano uguali a quella del composto. Abbiam veduto che la capacità del legno secco di quercia è circa quintupla di quella delle sue ceneri. Quindi segue che nel nostro supposto, i principj fissi della quercia secca, quando per la combustione si riducono in ceneri, soffrono una diminuzione di capacità come 5. Ma fu provato che i principj fissi nella quercia secca non fanno che $\frac{1}{84}$ del totale; le altre 83 parti nella combustione risolvonsi in aria ed in acqua; l'acqua si leva in vapore, l'aria si espande a costituire un fluido elastico permanente: le capacità del vapore acqueo e dell'aria ottenuta così, sono per lo meno quadruple di quella della quercia secca. In conseguenza, allorchè questa sostanza risolvesi per la combustione ne' suoi principj, evvi in una parte una diminuzion di capacità come 5, ed in 83 parti un aumento di capacità come 4; onde apparisce che la somma delle capacità de' principj ne' quali la quercia risolvesi, cresce grandemente. E lo stesso raziocinio ha luogo nei cangiamenti prodotti dalle combustioni di altri legni, e da quella del carbon fossile.

Possiam dunque conchiudere generalmente che i calori comparativi de' corpi che suppongonsi con-

contenere flogisto, s' aumentano ne' processi della calcinazione e della combustione.

Segue da ciò che quando un corpo infiammabile resta per la combustione privato della sua facoltà di mantenere la fiamma, esso assorbisce una certa dose di calore assoluto, e la perde poi quando per un contrario processo esso ricupera la sua infiammabilità. La calce di rame p. e. contiene doppio calore assoluto del rame. Quando si ripristina la calce coll' esporla al fuoco in contatto di sostanze infiammabili, essa perde la metà del suo calore assoluto: quando al contrario il rame nuovamente si calcina, la calce ricupera il calore che avea prima perduto.

Segue ancora dalle riferite sperienze ed osservazioni, che i corpi scemano in capacità quando si uniscono all' aria infiammabile, e crescono quando se ne disgiungono. L' aria pura p. e. unendosi all' aria infiammabile si cangia in acqua, e perciò scema in capacità. Le sperienze di *Kirwan* provano ancora che l' acido vitriolico scema in capacità flogisticandosi, ed è ben noto che quest' effetto è prodotto dalla sua unione coll' aria infiammabile, o con sostanze che ne contengono. Di più s' è visto che la particolar combinazione dell' aria infiammabile pesante colla terra e coll' acqua ne' vegetabili, e nel carbon fossile, fa scemare la capacità del composto.

Dunque le capacità de' corpi scemano quand' essi si uniscono coll' aria infiammabile; e quando se ne disgiungono, gli elementi in cui il corpo si risolve crescono nella lorocapacità pel calore:

dal

dal che segue che nel primo caso una certa quantità di calore si svolgerà dal corpo ; nel secondo caso un egual quantità ne resterà assorbita . Sotto questo aspetto l' espulsione del calore da un corpo per mezzo del principio infiammabile , e il riassorbimento del calore quando lo stesso principio infiammabile se ne parte , sembra analogo all' espulsione dell' aria fissa dalle terre e dagli alcali per mezzo d' un acido , e al suo successivo riassorbimento quando l' acido se ne parte . Se p. e. si versa dell' acido vitriolico sopra un alcali dolce , l' aria fissa resterà espulsa , e svolgerassi in forma di vapore elastico ; e similmente quando il principio infiammabile si combina coll' aria pura , una parte del suo calore assoluto resterà cacciata , e svolgerassi sotto forma di calor sensibile . Quando l' acido abbandona l' alcali , quest' ultimo ricupera l' aria fissa che avea perduta , e così pure quando il principio infiammabile nuovamente disgiungesi dall' aria pura , l' aria riassorbisce il calore che se n' era prima sviluppato .

Proposizione IV.

1. Quando un animale trovasi in un ambiente caldo , il calor del sangue venoso s' accosta più a quello del sangue arterioso , che non quand' esso trovasi in un freddo ambiente . 2. La quantità d' aria respirabile che esso flogistica in un dato tempo è minore nel primo caso , che non nel secondo . 3. Il calore che si produce mentre una data quantità d' aria pura viene viziata dalla respira-

pirazione d' un animale, è a un di presso eguale a quello che si produce mentre la stessa quantità d'aria pura viene viziata dalla combustion della cera, o del carbone.

Che il divario di colore tra il sangue venoso e l'arterioso d'un animal vivo scemi pel caldo, e s'aumenti pel freddo, lo mostrano le sperienze seguenti.

Sperienza I.

Un cane a 102 fu tuffato in acqua a 114; restandone fuor dell'acqua tanto del capo che esso respirar potesse liberamente.

In 5 minuti il cane fu a 108 l'acqua a 112
6 - - - cane - - 109 acqua - 112
11 - - - cane - - 108 acqua - 112
la respirazione era divenuta celere ed affannosa.
13 - - - cane - - 108 acqua - 112
la respirazione era tuttavia più celere.
Entro mezz'ora fu il cane - 109 acqua - 112
Il cane trovavasi allora molto abbattuto.

Estratta una piccola quantità di sangue da un arteria, ed altra da una vena contigua, si trovò che il sangue venoso avea notabilmente cangiato di colore. Nello stato naturale il color del sangue venoso è un rosso cupo, e il color del sangue arterioso è un vivo e leggero scarlatto. Ma poichè l'animale nella nostra sperienza stette tuffato per mezz'ora nell'acqua calda, il sangue venoso prese a un di presso la tinta dell'arterioso, e lo rassomigliava a segno che era difficile il distinguerlo.

E'

E' bene osservare che l'animale era molto indebolito per una considerabil perdita di sangue fatta pochi dì innanzi. Ripetuta la sperienza sopra altri cani che non avean sofferta una tale evacuazione, il cangiamento nel color del sangue venoso fu minore: ma qualunque volta se ne fece prova, e si fece per ben sei volte, l'alterazione fu sì evidente, che ancor le persone men prevenute distinguevan benissimo il sangue estratto dopo il bagno caldo, dal sangue estratto dalla medesima vena prima dell' immersione.

A scoprire se l'aria calda valesse a produrre un analogo effetto, posi un cane a 102 in un ambiente caldo a 134. Dopo 10 minuti la temperatura del cane era 104, 5; quella dell' aria 130. Dopo 15 minuti quella del cane 106; dell' aria 130. Si trasse un po' di sangue dalla vena jugulare, e il suo colore mostrossi sensibilmente alterato, essendo molto men carico del naturale.

Passai appresso ad indagar l'effetto del freddo sul color del sangue venoso. Tuffai un cane a 100 nell' acqua a 45. Scorso circa un quarto d' ora, trassi poche once di sangue dalla jugulare; era questo sangue manifestamente assai più carico di colore di quello che erasi estratto dopo il bagno caldo, e parve non a me solo, ma ad alcuni altri che si trovaron presenti, il più cupo e carico sangue venoso che avessimo veduto giammai. Possiam dunque conchiudere, che posto un animale in un freddo ambiente, il sangue venoso prende una tinta assai più scura, che non fa quando l'animale è in un ambiente caldo.

Ques-

Queste sperienze sembrano confermare un pensiero suggeritomi dal mio dotto amico *Wilson* di Glasgow. Poichè il calor sensibile degli animali dipende dal calore assoluto che si svolge dal sangue nell' atto che esso s' unisce col principio flogistico ne' vasi capillari, non potrebbe egli esservi una certa temperatura, nella quale il sangue più non fosse capace di entrare in combinazione col flogisto, e perciò più non potesse somministrar del calore?

Le seguenti sperienze son dirette a provare che l' aria respirata dagli animali ne resta più flogisticata in un ambiente freddo che non in un ambiente caldo.

Sperienza II.

Aria della camera a 61. Si pose un porcellino d' India sopra uno scabelletto entro una campana capovolta che conteneva circa 5 pinte d' aria comune, ed era attorniata d' acqua a 55, 5. Si lasciò così per 42 minuti; cominciò allora a dar segni di molto disagio; tratto fuori della campana cadde convulso, ma si riebbe ben tosto. Allora si saggiò l' aria della campana col mescolarne due misure con una d' aria nitrosa, e le misure nell' Eudiometro si ridussero a 2, 75 circa: onde apparve che la purezza di quell' aria era circa un quarto della purezza dell' aria comune.

Sperienza III.

Un porcellino d' India del taglio incirca del pre-

ce-

cedente, rinchiuso nella stessa campana piena come prima d' aria comune, ed attorniata d' acqua a 104, morì in 42 minuti circa.

Esplorata l' aria della campana come sopra, l' eudiometro mostrò poco più di misure 2, 5; vale a dire la sua purezza era la metà circa di quella dell' aria comune. Quindi la flogisticazione dell' aria fu doppia nella prima sperienza di quella che fu nella seconda.

Apparisce di quì che in un ambiente caldo ricercasi maggior purezza d' aria al mantenimento della vita di quella che richiedesi in un ambiente freddo: infatti nella Sperienza II. l' animal sopravisse, quantunque la purezza dell' aria fosse scemata per tre quarti; nella Sperienza III. non era scemata che per metà, eppure l' animale morì. Per altro i sintomi di disagio e di malattia furon maggiori assai nella sperienza precedente che non in questa. L' occhio particolarmente nella Sperieza II. apparve assai tumido, e divenne fosco ed abbattuto; nella Sperienza III. ritenne la sua vivezza fino all' ultimo.

Potendo aver luogo il sospetto che la maggior purezza dell' aria che restò nella Sperienza III. non nascesse già dalla sua maggiore temperatura, ma bensì da qualche non avvertita disparità tra i due animali, si ripeteron le stesse prove come segue.

Sperienza IV.

Si pose un porcellino d' India in una campana capovolta contenente circa 5 pinte d' aria comune,

ne, attorniata d' acqua a 46, 5. Vi si lasciò per 36 minuti, pel qual tempo esso non diè segni di troppo disagio. Saggiata l' aria della campana col gas nitroso, l' eudiometro mostrò 2, 5; vale a dire la purezza dell' aria era la metà di quella dell' aria comune.

Sperienza V.

L' indomani lo stesso porcellino d' india che mostrava star benissimo, fu posto entro la medesima campana attorniata d' acqua a 102. Fu levato fuori dopo 36 minuti, nè pareva aver risentito incomodo alcuno. L' aria che rimanea nella campana fu esplorata come sopra; l' eudiometro segnò 2, 2; era però la sua purezza tre quarti circa della comune.

Potendo entrare sospetto di qualche fallacia nata dall' avere prima assoggettato l' animale all' ambiente freddo, e poscia al caldo, si giudicò a proposito di rovesciar le sperienze nel modo seguente.

Sperienza VI.

Si collocò un porcellino d' India entro la solita campana circondata d' acqua a 102. Si levò dopo 96 minuti, e saggiata l' aria residua, trovossi nell' eudiometro di 2, 3 prossimamente.

Sperienza VII.

Il dì seguente lo stesso animale perfettamente sano

sano si tenne per 36 minuti entro la campana attorniata d' acqua a 52. Esplorata l' aria al solito, si trovò 2, 5.

Allorchè dunque un animale trovasi in un ambiente freddo, la quantità d' aria ch' esso flogistica in un dato tempo è maggiore, che non quando trovasi in un ambiente caldo.

Ad oggetto di determinare il calore che si produce mentre una data quantità d' aria resta alterata, sia dalla combustione de' corpi, sia dalla respirazione animale, s' immaginò l' apparato seguente.

A C (*Tav. III. fig.* 1) è un recipiente di latta composto di tre vasi: uno esterno *A B C D*, dell' ampiezza di poll. 16, e profondità di 19, 4: uno di mezzo *e f g h* ampio 11, 25, profondo 13, 5; uno interno *a b c d* ampio 9, 5, profondo 10, 5.

Quel di mezzo è tenuto per via d' un cerchio di ferro alla distanza di poll. 2, 75 dal fondo del vaso esterno; e la sua superficie cilindrica è similmente distante da quella del vaso esterno poll. 2, 75. L' intervallo tra questi due vasi è imbottito di fina piuma.

Il vaso interno è sostenuto dai tubi *h f*, *i g* alla distanza di poll. 0, 875 dal fondo del vaso di mezzo, ed eguale è la distanza delle due superficie cilindriche di questi vasi. Lo spazio intermedio empiesi d' acqua all' opportunità.

La superficie superiore del vaso interno ha un apertura del diametro di 5 pollici. Ad essa è saldato un anello piatto d' ottone *k l* coperto d' una lamina dello stesso metallo, e le due superficie

dell'

dell' anello e della lamina corrispondono sì esattamente, che quando sono serrate insieme a vite, frapposto fra le due un pezzo di cuojo, esse tolgon del tutto l' ingresso all' aria.

Nel centro della lamina havvi una cavità circolare del diametro di poll. 1, 5 a cui è cementato un sottil vetro. Questo lascia vedere la luce d' un corpo infiammato nel centro dell' apparato, e per esso potrebbe all' uopo diriggersi il foco d' una lente nel vaso interno.

Abbiamo detto che il vaso interno posa sopra i tubi *hf*, *ig*. Or questi sboccano entro il medesimo ne' punti *h*, ed *i*. Il tubo *ig* ripiegando all' insù sale lungo la superficie interna del váso di mezzo, e giunto in *n* piega ivi nuovamente ad angolo retto, e va a terminare in *m*. Ivi è congiunto a vite col tubo ricurvo *VZ*, il quale è attaccato con mastice alla campana capovolta *EF* sostenuta per mezzo della traversa *YO* entro la tina *GH*. Il robinetto *V* apre e chiude al bisogno la comunicazione tra la campana *EF*, e il vaso interno.

Il tubo *hf* sale parimente lungo l' opposta parete del vaso di mezzo fino in *e*, ove piega anch' esso a squadra, e termina in *p* in un tubo conico d' ottone, il quale entra in un altro tubo conico simile connesso all' estremità del sifone o tubo ricurvo *RU*. I due coni sono così bene adattati l' un l' altro, che chiudono affatto l' ingresso all' aria. Si congiungono strettamente per mezzo d' una vite.

L' estremità *R* del sifone *UR* è fermata con

mastice al collo d' una campana capovolta *I K* posta nella tina *L M*; e dal collo della campana medesima un altro sifone *S T* passa entro la tina *P Q*, e va a sboccare nella campana *N O*.

Volendosi fare un esperienza con quest' apparato, si versa dell' acqua nella tina *G H* finchè giunge un poco sopra al livello della traversa *Y O*, su cui posa la campana *E F*. Il corpo che si assoggetta alla prova, introducesi nel vaso interno *a c*, l' apertura *k l* si copre colla lamina d' ottone, e questa si ferma a vite cosicchè escluda l' aria. S' empie d' acqua l' intervallo de' due vasi medio ed interno, e il vaso esterno copresi per di sopra esattamente con un grosso cuscino imbottito di piuma. S' empie d' acqua la campana *I K* e la tina *L M*, e così pure la campana *N O* e la tina *P Q*.

Chiuso il robinetto *U* ed aperto l' altro *V*, la diminuzione che produce nell' aria l' animale oppure il corpo combustibile, resta indicata e misurata dall' alzamento dell' acqua nella campana *E F*.

Il calore prodotto si determina dall' alzamento di temperatura che si manifesta nell' acqua che attornia il vaso interno; la piuma che cinge attorno quest' acqua impedisce la dissipazion del calore.

La qualità poi dell' aria rimasta nel vaso interno si esamina nel modo seguente. Si chiudono i robinetti *V* e *T*, e si apre il robinetto *U*. Levasi una parte dell' acqua dalla tina *L M*: quindi l' acqua della campana *I K* discende pel proprio peso, e nel discendere succhia una porzion d' aria

dal

dal vaso interno *a c*. Chiudesi allora il robinetto *U* e si apre *T*, e restituita l'acqua alla tina *L M*, la pression di quest' acqua spinge l'aria della campana *I K* nell'altra campana *N O*, dalla quale poi si fa passare all' eudiometro.

Sperienza VIII.

Il barometro essendo a poll. 30, 4 e l'aria della camera a 67, 5 si presero libb. 31 once 7 *Troy* d' acqua a 67, 65. Si versò parte di quest' acqua nell' intervallo de' due vasi medio ed interno sino al livello della bocca del vaso interno. S' accese poscia una piccola candela di cera pesata prima accuratamente, e s' introdusse presto nel centro del vaso interno: se ne coprì tosto la bocca colla lamina d' ottone, e si versò di sopra il resto dell' acqua. Il livello di questa salì allora circa un pollice sopra la cima del vaso interno. La bocca del vaso esterno fu ricoperta col cuscino di piuma.

Prima di far la sperienza erano state separate dal vaso *A C* le due campane *E F* ed *I K*, ed all' estremità del tubo *n m* era stato connesso a vite il cannello d' un soffietto. Per esso introducevasi nuova aria nel vaso interno, e la viziata avea sfogo pel tubo *k f*. Si mantenne così accesa la candela per lo spazio di mezz' ora, spirata la quale si diè fine alla sperienza.

L' acqua agitavasi di quando in quando blandamente con una bacchetta di legno per eguagliarne il calore, e la temperatura dell' aria della ca-

mera s' accresceva gradatamente a un di presso come quella dell' acqua.

Al fine dell' esperienza il termometro nell' acqua era a 69, 75 l' aria della camera essendo circa a 69, 5. La candela avea perduto di peso gr. 26. Dunque la combustione di 26 grani di cera alza di gr. 2, 1 la temperatura di libb. 31 once 7 d' acqua.

A rilevare di quanto l' aria ne rimanesse viziata, feci la sperienza seguente.

Sperienza IX.

Si riempì un ampia tina d' acqua di calce. Sulla superficie di quest' acqua si fece galleggiare un pezzo di sughero avente impiantata nel centro una porzione della stessa candela di cera usata nella sperienza precedente. Quattro sottilissime striscie di carta unite insieme per le loro superficie piatte furono legate all' estremità superiore della candela attorno al lucignolo, ed erano di tale larghezza che ne circondavano la metà. Meno di quattro striscie non avrebber dato un calor sufficiente ad accendere il lucignolo, e si trovò per esperienza che esso non potea facilmente infiammarsi a meno che una parte della sua superficie non fosse esposta all' aria. Le striscie di carta eransi asciugate col farvi passar sopra un ferro caldo. Tutte insieme non arrivavano a pesare un grano.

Sopra la candela collocossi capovolto un ampio cilindro di vetro avente annessa una scala di parti

ti eguali. Un sifone assai lungo piegato a modo che veniva ad esser presso che doppio, entrava con un estremo in questo cilindro, l'altro estremo sporgeva in fuori sopra il livello dell'acqua. Allora si spinse in giù il cilindro di vetro entro l'acqua, cosicchè la massima parte dell'aria ch'esso conteneva sfuggì via pel sifone, il quale allora ritirossi, e s'introdusse aria pura deflogisticata, in tal copia che il livello dell'acqua nell'interno del cilindro saliva di tre pollici sopra la sua bocca capovolta.

Affin di poter determinare con maggiore squisitezza l'altezza dell'acqua, il cilindro si levò fuori della tina, e si pose sopra una tavola tuffato entro un vaso di poco fondo poco più alto di 3 pollici; così l'occhio potea portarsi al livello del punto che si doveva osservare, e la superficie dell'acqua rendevasi distintamente visibile per la luce riflettuta dal fondo del vaso. Quando si fece questa osservazione si pose una candela avanti del cilindro, l'altra dietro di esso; la prima illuminava le divisioni della scala, e l'altra la superficie dell'acqua.

Determinato che fu il punto del livello dell'acqua nel cilindro, l'acqua che ne circuiva l'esterno fu alzata fino al livello dell'acqua interna, e così l'aria del cilindro venne a ridursi alla medesima densità dell'aria esterna. Il cilindro era tenuto orizontale per mezzo d'un livello d'aria.

Segnato così accuratamente il livello dell'acqua nel cilindro, si accese la candela col diriggere il foco d'una lente sopra le striscie di carta fis-

sate presso il lucignolo, e si lasciò bruciare finchè l'aria rinchiusa potè mantenere la combustione. Si levò allora fuori del cilindro facendola passare sotto l'acqua, ed asciugata prima, indi pesata, trovossi avere perduto 11 grani. L'aria della campana si trasse fuori, e si ricevette in ampie bottiglie mezzo piene d'acqua di calce, e dopo averle agitate tanto che l'aria fissa rimanesse assorbita, il residuo si restituì alla campana, la quale fu collocata in un vaso circa tre pollici più profondo dell'altro. Ridotta l'acqua che rimaneva al di fuori al livello di quella della campana, il livello interno fermossi a poll. 5, 75. Adunque la diminuzione dell'aria fu tale che fece salir l'acqua da 3 a 5, 75; ossia di poll. 2, 75. Ora ogni pollice di questa campana conteneva once 15 *Troy* d'acqua. Dunque la quantità d'aria pura alterata dalla combustione di 11 grani di cera fu di once mis. 41, 25 o di poll. cub. 78, 2; e per conseguenza la quantità d'aria viziata dalla combustione di 26 grani di cera deve essere once mis. 97, 5 ossia poll. cub. 184, 84. Al tempo di questa sperienza l'aria della camera fu a 70, il barometro a 30, 4.

E' troppo importante che i pezzi di cera che si adoprano a queste sperienze siano quanto si può della qualità medesima: perciò in entrambe le sperienze feci uso di diverse parti della stessa candela. Ripetendo le prove con candele diverse trovai qualche discrepanza ne' risultati. Usando d'un altra specie di cera alquanto più pura, e lasciandola ardere finchè l'acqua attorno s'alzasse

di

di temperatura gr. 2, 15 la perdita di peso nella cera non fu che di grani 22, 5.

Bruciati grani 6, 75 di questa cera nell' aria deflogisticata, la diminuzion dell' aria fu di 30 once mis. *Troy*; il che porta che la combustione di gr. 22, 5 avrebbe alterate once mis. 100, 7 d' aria pura.

Sperienza X.

A determinare la quantità di calore prodotta da un animale s' introdusse un porcellino d' India nel centro del vaso interno dell' apparato descritto di sopra, il quale era attorniato d' acqua in quantità di libb. 31 once 7 ed alla temperatura di - - - - - - - - - - - 62

Dopo mezz' ora, agitata l' acqua, fu la temperatura - - - - - - - - - 62, 25

Dopo un ora - - - - - - - - - 62, 5

Dopo un ora e mezza - - - - - - 62, 75

Dopo due ore - - - - - - - - - 63

La temperatura della camera al principio della sperienza era 62; indi si accrebbe gradatamente al pari di quella dell' acqua.

Quindi il calore comunicato dall' animale all' acqua in due ore fu 10 gradi del mio termometro, ossia 1 grado di Farhenheit.

La quantità d' aria viziata in due ore dalla respirazione dell' animale, fu determinata come appresso.

Sperienza XI.

Il medesimo porcellino d' India fu introdotto

nella campana di vetro *A B*, (*Tav. III. fig.* 2) la quale fu sul momento capovolta sopra l' acqua della tina *C D*, e posata sulla traversa *E F*, essendo sostenuto l' animale dall' appoggio *G H*. Un estremo *I* del sifone *K L M N O* passava per la traversa *E F* nella campana ove esso sporgeva un poco al di sopra del livello dell' acqua. L' altro estremo *P* entrava nella campana capovolta *Q R* piena d' acqua, e sostenuta da una traversa nell' altra tina *S T*. Tostochè la prima campana *A B* in cui era l' animale fu rovesciata sopra l' acqua, si versò nuova acqua nella tina, dalla cui pressione una parte dell' aria della campana *A B* fu costretta a passar pel sifone, e ricoverarsi nell' altra campana *Q R*. L' animale si lasciò nella campana per 35 minuti; allora ne fu tratto fuori facendolo passar sotto l' acqua.

L' aria residua nella campana *A B* fu agitata in ampie bottiglie insieme coll' acqua di calce, finchè tutta l' aria fissa rimanesse assorbita; si fece lo stesso coll' aria della campana *Q R*. Il tutto fu poscia rimesso nella campana *A B*, e determinato il livello dell' acqua colle attenzioni già accennate, trovossi essere a poll. 3, 312.

Durante questa sperienza l' aria della camera era a 62, 5: il barometro a poll. 30. Durante la sperienza riferita di sopra, diretta a determinare la quantità d' aria alterata per la combustion della cera, il termometro era a 70: il barometro a 30, 4.

In queste due sperienze vi fu dunque un divario d' altezza barometrica di poll. 0, 4. Quindi se la

tem-

temperatura dell' aria fosse stata in ambedue i casi la medesima, le densità dell' aria sarebbero state in ragione di 36 a 75. E però il volume dell' aria nelle Sperienze VIII. e IX. affine di ridurla alla stessa densità che avea l' aria nella Sperienza X. dovrebbe accrescersi di $\frac{1}{76}$ del totale, ossia di once mis. 1, 3. Ma le temperature differiscono anch' esse di gr. 7, 5. Supponendo che l' aria si dilati di $\frac{1}{483}$ del suo volume per ogni grado di calore che s' accresca, ne segue che se le altezze barometriche fossero state eguali, le densità dell' aria sarebbero state come 64 a 65 a un di presso. Adunque affine di ridurre l' aria che servì nelle precedenti sperienze alla medesima densità coll' aria usata nell' ultima sperienza, converrebbe diminuire il volume della prima di $\frac{1}{65}$ del totale, ossia di once mis. 1, 4. Ma abbiamo detto pur ora che per conto del divario delle altezze barometriche quel volume dovrebbe accrescersi di once mis. 1, 3. Dunque se in queste sperienze il barometro fosse stato a 30, e il termometro a 62, 5 il volume dell' aria cangiata dalla combustione sarebbe stato di once mis. 97, 5 + 1, 3 − 1, 4; ossia once mis. 97, 4.

Sperienza XI.
Part. II.

Introdotto lo stesso porcellino d' India nella solita

lita campana, fu essa capovolta sopra l' acqua; parte dell' aria ne venne espulsa come prima; allora l' animale fu immediatamente tolto via facendolo passare sott' acqua; restituita l' aria espulsa alla campana, il livello dell' acqua trovossi a poll. 2, 187. Adunque la diminuzione dell' aria per la respirazion dell' animale continuata per 35 minuti, fu tale da sollevar l' acqua da poll. 2, 187 a 3, 312; ossia di poll. 1, 125.

Ora ogni pollice di questa campana tiene 15 once d' acqua. Quindi nella nostra sperienza l' aria fu scemata di once mis. 16, 875; e per conseguenza la quantità d' aria pura viziata dalla respirazion dell' animale in due ore fu di once mis. 57, 8 ossia poll. cub. 109, 5.

La prima volta ch' io tentai questa sperienza introdussi il porcellino nella campana già capovolta, facendolo passar sotto l' acqua: ma il risultato era allora soggetto a una fallacia non dispregevole. L' animale quando è asciutto vizia meno aria in un dato tempo che non fa quand' è bagnato. L' evaporazione che ha luogo alla superficie dell' animale bagnato produce freddo, e già le sperienze riferite alla pag. 221 han fatto vedere che l' animale in un dato tempo flogistica assai più d' aria in un freddo ambiente che non in un ambiente caldo.

Trovai perciò indispensabile l' introdur prima l' animale entro la campana, indi capovolgerla quanto più sollecitamente si può sopra l' acqua, posando l' animale sul già descritto sostegno.

Facendo la sperienza a questa guisa nasce una lieve

lieve aberrazione dalla rarefazione dell' aria indotta dal calor dell' animale nel breve tempo che passa tra l' introduzion dell' animale nella campana, e il collocamento della campana stessa sopra l' acqua: ma la seconda parte della Sperienza XI. corregge quest' aberrazione. Perchè quando in questa sperienza fu tolto via il porcellino d' India, la salita dell' acqua nella campana non misurò già, soltanto lo spazio occupato dall' animale, ma ancora l' aria che era stata espulsa dal calore che esso comunicava.

Risulta dunque dalla nostra sperienza che la quantità d' aria pura viziata dalla respirazione dell' animale in due ore è di once mis. 57, 8; e che il calore comunicato all' acqua nello stesso tempo è di un grado. Dal che segue che se l' accrescimento di temperatura nell' acqua fosse stato di gradi 2, 1 la quantità d' aria viziata sarebbe stata di once mis. 121. Ora abbiam mostrato che mentre la combustion d' una candela di cera indusse un simile accrescimento di temperatura, cioè di gr. 2, 1 la quantità d' aria viziata fu soltanto di once mis. 100 prossimamente.

Lavoisier e *Laplace* con un apparato tutto diverso hanno eseguita una serie di sperienze analoghe alle descritte fin quì *. Secondo le loro sperienze quando eguali quantità d' aria vennero viziate la prima dalla respirazione d' un porco d' India, l' altra dalla combustion del carbone, il calore prodotto nel primo processo fu a quello pro-

* V. Memoria sul Calore. Mem. dell' Accad. di Parigi. 1780.

prodotto nel secondo in ragione di 13 a 10, 5 prossimamente. E' da osservare che in quelle sperienze quando si volle misurare la quantità d' aria viziata dalla respirazione, l' animale fu collocato in un ambiente alla temperatura incirca di 60; e quando poi si volle misurare il calore prodotto dalla respirazione medesima, l' animale fu posto in un ambiente a 32 o 33. Ora abbiam veduto che un animale attorniato da ambiente freddo flogistica in egual tempo più aria che non quando trovasi in ambiente più caldo. Quindi possiam conchiudere che la quantità d' aria viziata dall' animale collocato nel calorimetro di *Lavoisier* fu maggiore di quella che risultò dal suo calcolo. Non isfuggì ai dotti Autori di quella memoria il sospetto di questa aberrazione.

Ho ripetute le sperienze di *Lavoisier* sulla combustion del carbone, ed eccone il risultato.

Sperienza XII.

Presi un pezzo bislungo di carbone che pesava grani 73, 8. Era esso formato in modo che in una delle sue estremità s' impiccoliva gradatamente sino a terminare si può dire in un punto. Espulsane l' aria coll' esporlo ad un forte calore, si appiccò il fuoco alla sua estremità appuntata per mezzo d' una candela, quindi fu riposto sul momento nel centro del nostro apparato. Si manteneva là dentro la sua combustione per mezzo d' una corrente di nuova aria che introducevasi nel vaso interno per via del soffietto al-

altrove descritto. Il vaso interno era attorniato da libb. 31 once 7 d' acqua avente sul principio della sperienza la temperatura 62, 7. L' aria della camera era a 62, 8.

A capo di 22 minuti, agitata l' acqua, fu la sua temperatura 65, 9. L' aria della camera era prossimamente a 66. Il carbone dopo la combustione pesava grani 17, 8. Quindi la perdita di peso nella combustione fu di grani 56.

Sperienza XIII.

Aria della camera a 61, 8. Barometro a 30.

Un pezzo circolare di sughero consimile a quello descritto nella Sperienza IX. fu ricoperto nel suo piano superiore d' una piastra sottile di latta, a cui eran fissate in poca distanza dal centro due piccole lastre perpendicolari dello stesso metallo. Fra queste si collocò un pezzo bislungo di carbone pesante grani 91, 1; il diametro del carbone era tale che insinuato tra le due lastre veniva tenuto fermo dalla sua propria elasticità. Il carbone posto così sopra il sughero fu messo a galla sopra la superficie dell' acqua di calce, e sopra d' esso si collocò capovolta la solita campana, cacciandone l' aria interna ed introducendovi l' aria deflogisticata nel modo praticato nella Sperienza IX. L' altezza dell' acqua nella campana esplorata colle dovute cautele trovossi di poll. 3, 125.

Allora s' accese il carbone per mezzo d' una lente, e si lasciò bruciare finche potè: indi tratto fuori sotto l' acqua, ed asciugato prima, indi pesa-

pesato trovossi avere perduto 14 grani. Travasata l'aria residua in ampie bottiglie, ed agitata coll' acqua di calce, indi restituita alla campana, salì il livello dell' acqua a poll. 5, 75. Dunque la diminuzione dell' aria fu di once mis. 39, 375 ossia poll. cub. 74, 65. Per evitare il divario che avrebbe fatto la qualità diversa del carbone, si usarono nelle due sperienze precedenti due porzioni dello stesso pezzo.

Sperienza XIV.

Aria della camera a 61. Barometro a 29, 6.

Collocossi galleggiante sull' acqua di calce un pezzo di carbone, che ben riscaldato pesava una dramma e grani 27, 75. Capovolta la campana sopra l'acqua, ed intromessovi aria deflogisticata, si trovò il livello dell' acqua a poll. 3, 064. Il carbone acceso allora colla lente lasciossi bruciare finchè lo permise il depravamento dell' aria. Indi si tolse via per di sotto dall' acqua l'avanzo del carbone, ed asciugato con diligenza, e fortemente riscaldato pesossi, ed avea perduto grani 12, 5. Agitata come sopra coll' acqua di calce l' aria residua, e rimessa nella campana, trovossi salir l' acqua a poll. 5, 625.

Quindi apparisce che dopo l' agitazione coll' acqua di calce, il volume dell' aria della campana scemò di poll. 2, 561. Quindi la quantità dell' aria pura alterata fu di once mis. 38, 4 o poll. cub. 72, 4.

Ad assicurare se l' aria che rimaneva nella campana

pana contenesse mai tuttavia qualche poco d' aria fissa, se ne prese una parte dopo terminata la sperienza, e si sbattè coll' acqua di calce; non si osservò precipitazione veruna.

Riducendo l' aria alla stessa densità che nelle due sperienze precedenti, e prendendo il risultato medio, la quantità d' aria pura alterata dalla combustione di 14 grani di carbone risulta once mis. 41, 29 o poll. cub. 78, 3. Per conseguenza la combustione di 18 grani di carbone avrebbero alterati poll. cub. 107, 8.

Ora giusta le sperienze di *Lavoisier* la combustione di 18 grani di carbone altera poll. cub. 128, 38 di Francia; stando il barometro a poll. 28 e il termometro a gr. 54, 5. Se il barometro fosse stato a poll. 30 che è l' altezza media a cui stette nelle nostre sperienze, ed il termometro fosse stato a 61, l' alterazione sarebbe stata di poll. cub. 121, 34 di Francia, che corrispondono a poll. cub. 138, 32 Inglesi. Evvi dunque un divario di poll. cub. 30, 5 tra i risultati delle mie sperienze, e di quelle di *Lavoisier* e *Laplace*. Cagione di questo divario è forse in parte la diversa qualità del carbone adoperato nelle sperienze. Quello che io adoprai era di quercia.

Dalle Sperienze XIII. e XIV. rileviamo che la combustione di 14 grani di carbone viziò once mis. 41, 29 d' aria pura. In conseguenza la combustione di 56 grani ne avrebbe viziate once mis. 165, 16. Ora la Sperienza XII. ci fa vedere che il calore comunicato dalla combustione di 56 grani di carbone a libb. 31 once 7 d' acqua fu di gr.

3, 2. Segue di quì che la combustion del carbone ad oggetto di comunicare gradi 2, 1 di calore deve alterare once mis. 108, 3 d' aria pura. Ora abbiamo altrove veduto, che la combustione della cera, ad oggetto di comunicare la stessa dose di calore non ha bisogno d' alterare che 100 once mis. d' aria pura.

Si avverta che quando bruciò la candela di cera entro il mio apparato, una notabil quantità di vapore acqueo trovossi condensata sulle pareti interne del vaso. Ma nella combustion del carbone niuna traccia non comparì di vapore. E' dunque probabile che nel primo caso parte dell' aria pura si cangi in acqua; nel secondo si cangi se non del tutto almeno nella massima parte in aria fissa. Le sperienze seguenti confermano questa illazione.

Sperienza XV.

Ar.a della camera a *67*. Barometro a *29*, 5. Capovolta la campana sopra una candela di cera galleggiante sull' acqua pura, vi s' introdusse dell' aria deflogisticata, e il livello dell' acqua sotto la campana si osservò di poll. 3, 312.

Si accese indi la candela e si lasciò ardere finchè potè: indi raffreddata sollecitamente la campana sino alla temperatura dell' ambiente, l' acqua anteriormente all' assorbimento dell' aria fissa trovossi stare a poll. 4, 187. Assorbita poi l' aria fissa col solito mezzo, e restituita l' aria residua alla campana, il livello dell' acqua ascese a poll. *6*.

Per-

Perciò nella combustion della cera la diminuzione dell' aria prima dell' assorbimento dell' aria fissa fu alla diminuzione intera dopo l' assorbimento dell' aria fissa in ragione di 0, 875 a 2, 688; ossia di 1 a 3, 07.

Sperienza XVI.

Aria della camera a 61. Barometro a 29, 6.

Un pezzo di carbone si collocò a galla sull' acqua di calce: capovolta sopra di esso la campana, vi s' introdusse aria deflogisticata, la quale fece abbassare il livello dell' acqua della campana, finchè si fermò a poll. 3, 064. Acceso allora il carbone colla lente, bruciò quanto permise l' aria ch' esso andava alterando.

Ridotta l' aria della campana alla temperatura dell' ambiente, l' acqua si trovò a poll. 3, 439. Assorbita l' aria fissa, e rimessa l' aria residua entro la campana, salì l' acqua a poll. 5, 625.

Quindi nella combustion del carbone la diminuzione dell' aria previa all' assorbimento dell' aria fissa fu alla diminuzion totale in ragione di 0, 365 a 2, 561 ossia di 1 a 7, 01 prossimamente.

Sospettando che in quest' ultima sperienza l' aria della campana non fosse del tutto raffreddata alla temperatura dell' ambiente, volli ripeterla come segue.

Sperienza XVII.

Aria della camera a 62. Barometro a 29, 8.

Capovolta la campana sopra un pezzo di carbone galleggiante sull' acqua di calce, e introdottavi aria deflogisticata al solito, si osservò l' acqua a poll. 3, 562.

Si diè fuoco al carbone, e si lasciò bruciare finchè s' estinse pel corrompimento dell' aria; indi si raffreddò la campana riducendola alla temperatura dell' ambiente col versarvi sopra acqua fredda. Per accertarmi pienamente che essa avesse presa la precisa temperatura dell' ambiente, la lasciai così per due ore e mezzo, per le quali l' aria della camera conservò senza notabil divario la stessa temperatura. Allora il livello dell' acqua nella campana si osservò di poll. 3, 875. Assorbita l' aria fissa, salì il livello a poll. 5, 75.

Quì la diminuzione dell' aria previa all' assorbimento dell' aria fissa ebbe alla diminuzion totale la ragione di 0, 313 a 2, 188; o prossimamente di 1 a 6, 99. Nella sperienza precedente il rapporto fu di 1 a 7, 01 prossimamente. Prendendo il risultato medio avremo 1 a 7 a un di presso *. Ora

* Il risultato medio delle sperienze precedenti mostra che nella combustion del carbone restarono alterati poll. cub. 67, 3 d' aria pura, e venner prodotti poll. cub. 57, 7 d' aria fissa. L' altezza media del barometro fu di poll. 29, 55; la temperatura media di 61, 5. Se il barometro fosse stato a 28 ed il termometro a 54, 5 i volumi sarebbero stati rispettivamente di 70, 26 e 59, 68. Supponendo che quando il barometro è a 28 ed il termometro a 54, 5 un pollice cubico d' aria pura pesi grani *Troy* 0, 32105 ed un pollice cubico d' aria fissa grani 0, 47489; pollici cubici 70, 26 d' aria pura peseranno grani 22, 55 e pollici cubici 59, 68 d' aria fissa peseranno grani 28, 34. Quest' eccesso di peso nell' aria fissa sopra

Ora come abbiam veduto di sopra, nella combustion della cera la diminuzione indotta nel volume dell'aria pura è alla totale diminuzione dopo l'assorbimento dell' aria fissa come 1 a 3 prossimamente.

Da queste sperienze confrontate colle altre riferite alla pag. 240. apparisce che l' aria pura flogisticandosi per la combustion della cera si converte parte in vapore acqueo, parte in aria fissa: flogisticandosi poi per la combustion del carbone, convertesi totalmente in aria fissa. E siccome il vapore acqueo che nel primo caso producesi si condensa tosto, l' aria rimanente nella campana prima dell' assorbimento dell' aria fissa soffre allora una diminuzion di volume assai maggiore, che non in que' casi ne' quali non si produce vapore acqueo.

Ho trovato che la combustione del sevo e quella dell' olio produce essa pure dell' acqua. Anche le sperienze di *Deluc* fanno chiaro che molta acqua producesi nella combustione dell' olio.

Da questi fenomeni rendesi molto probabile che l' olio, la cera, il sevo, e molte altre sostanze combustibili contengano due sorti d' aria infiam-

pra dell' aria pura deve esser nato dal combinarsi essa con un qualche principio somministratole dal carbone; e in conseguenza la quantità del principio infiammabile contenuta nell' aria fissa deve esser prossimamente un quinto del totale. Secondo le sperienze di *Lavoisier*, essa non è che una nona parte del totale. Siccome queste proporzioni discordano notabilmente, ho ripetute le mie sperienze con la maggiore attenzione; ma i nuovi risultati sono stati perfettamente conformi ai primi.

mabile, una delle quali è simile all' aria infiammabile leggera de' metalli, l' altra all' aria infiammabile pesante che si ottiene dai vegetabili esposti al fuoco in vasi chiusi. Combinandosi coll' aria pura la prima di queste produce acqua; la seconda aria fissa; quindi è che aria fissa ed acqua sono il risultato della combustion della cera e dell' olio. Allorchè queste sostanze si riducono a carbone soffrendo l' azion del fuoco in vasi chiusi, sembra assai verisimile che l' aria infiammabile leggera combinata coi principj volatili fugga via, l' aria infiammabile pesante resti trattenuta; quindi nella combustion del carbone non altro producesi che aria fissa.

Avendo trovato che l' aria pura alterata dalla combustion della cera, dell' olio, del sevo parte convertesi in acqua, e parte in aria fissa, ho tentato scoprire se la respirazion degli animali induca un analogo cangiamento.

Sperienza XVIII.

Aria della camera a 67. Barometro a 30.

Un porcellino d' India fu introdotto in una campana di vetro riempiuta d' aria deflogisticata, la qual campana si pose capovolta sopra l' acqua, avendone chiusa la bocca con un turaccio di sughero per impedire l' assorbimento dell' aria fissa. Si lasciò l' animale ivi entro poco più d' un ora, dopo il qual termine fu tolto il turacciolo e lasciato all' acqua l' ingresso: s' alzò questa fino ad occupare lo spazio di 16 pollici cubici nella campana.

pana. Allora si tolse via il porcellino d' India per di sotto dall' acqua, e si segnò con precisione il punto a cui l' acqua entro la campana fermossi. S' interruppe la sperienza, e dopo otto ore si tornò ad osservare l' altezza dell' acqua nella campana; si trovò esservi rimasta presso a poco stazionaria: segno che l' acqua non assorbisce l' aria fissa che lentissimamente quando sono entrambe in quiete.

Agitata adesso l' aria della campana coll' acqua di calce, e rimesso il residuo entro la campana, l' ulteriore salita dell' acqua fece palese che erano rimasti assorbiti poll. cub. 40, 86 d' aria fissa.

Abbiam veduto pur ora che la diminuzione dell' aria prodotta dalla sola respirazione dell' animale fu di poll. cub. 16. Ora troviamo la diminuzione prodotta dall' assorbimento dell' aria fissa di poll. cub. 40, 86. Adunque la diminuzion totale, ossia la quantità d' aria alterata fu di poll. cub. 56, 86 ossia di grani 18, 9.

Di quì si deduce che parte di quest' aria pura alterata dovette esser cangiata in acqua. Infatti le sperienze fatte col carbone provano che se l' aria pura fosse stata interamente cangiata in aria fissa, la di lei diminuzione prima d' essere sbattuta coll' acqua di calce non sarebbe stata che un settimo del totale: ora noi quì la troviamo in-

circa $\frac{1}{3,5}$ del totale. Convien dunque dire che nella nostra sperienza partè dell' aria si convertisse in vapore acqueo, il qual poi si condensasse sulle pareti della campana. Di più dalle me-

desime sperienze apparisce ancora che se l' aria pura si fosse tutta cangiata in aria fissa, il peso di quest' aria fissa avrebbe ecceduto d' un quinto il peso dell' aria pura. Ora nell' ultima sperienza il peso dell' aria pura alterata dalla respirazione animale fu presso a poco eguale a quello dell' aria fissa prodotta; giacchè il peso dell' aria pura fu di grani 18, 9 e quello dell' aria fissa di grani 20, 1. Di quest' ultima quantità quattro quinti erano d' aria pura, ed un quinto d' aria infiammabile pesante; onde la quantità d' aria pura cangiata in aria fissa fu di grani 16, 08; ma l' intera quantità d' aria pura alterata nel processo della respirazione fu di grani 18, 9. Ne segue, che grani 2, 82 di quest' aria pura furon cangiati in acqua, e grani 16, 08 in aria fissa.

Dalla Sperienza XVI. è manifesto che l' aria fissa è composta d' aria pura e d' un principio somministrato dalle sostanze infiammabili, coerentemente all' opinione di *Black*, *Kirwan*, e *Lavoisier*. Infatti la quantità d' aria fissa prodotta in quella sperienza fu di grani 28, 34 (vedi la nota a pag. 242.) la quantità d' aria pura alterata fu grani 22, 55 e la quantità del carbone consumato fu grani 12, 5. Non è dunque possibile che l' aria fissa derivasse dal solo carbone, nè dalla sola aria pura, giacchè il suo peso eccedeva quello di ciascuna di queste due sostanze. Nè potrebbe esser derivata dall' acqua, come lo manifestano analoghi risultati ottenuti facendo simili sperienze sopra il mercurio.

Poichè dunque nella combustion del carbone pro-

producesi una quantità d' aria fissa maggiore della quantità intera sia del carbone, sia dell' aria pura scomparsa, è forza inferirne che l' aria fissa risulti dalla combinazione dell' aria pura con un principio somministrato dal carbone.

Dalle Sperienze VIII. e IX. rilevasi che quando la cera s' abbrucia nell' aria pura, più della metà della cera stessa entra nella composizione dell' aria fissa e del vapore acqueo che si formano in questo processo. Infatti nella Sperienza VIII. il volume dell' aria pura alterata fu di poll. cub. 184, 84 stando il barometro a 30, 4 il termometro a 70. Se il barometro fosse stato a 28 e il termometro a 54, 5 quel volume sarebbe stato di poll. cub. 194, 44 il che fa grani 62, 4. Il volume dell' aria pura scemò d' un terzo prima dell' assorbimento dell' aria fissa. Vedi la Sperienza XV. Dunque la quantità dell' aria fissa prodotta fu di poll. cub. 129, 6 o grani 61, 5.

Abbiam veduto che quando l' aria pura convertesi in aria fissa, il di lei volume scema d' un settimo. Però il volume d' aria pura contenuto nei detti poll. cub. 129, 6 d' aria fissa dovette essere poll. cub. 148, 2. Sottraendoli da 194, 4 resterà la quantità d' aria pura che s' è cangiata in acqua poll. cub. 46, 2 o grani 14, 8. L' aria fissa contiene un quinto del suo peso di materia infiammabile, e l' acqua incirca un sesto. Dunque la quantità di materia infiammabile che entrò nella composizione dell' aria fissa e dell' acqua fu di grani 14, 78. Quindi rilevasi esser la cera principalmente composta d' aria infiammabile sì

pesante che leggera in istato solido, giacchè la massima parte di essa entra in combinazione coll' aria pura che rimane alterata nella combustione.

La Tavola che segue presenta la quantità o gradi di calore comunicati a libb. 31 once 7 *Troy* d' acqua dalla combustione di diverse sostanze nell' apparato descritto di sopra. In questa e nella susseguente il termometro che s' adoprò portava ogni grado della scala di Farhenheit suddiviso in decimi: quindi un grado di questo termometro vale un decimo d' un grado di Farhenheit.

Calore comunicato dalla combustione

di mezza dramma di cera - -	gradi 24, 2
di mezza dramma di sevo - - - -	24
di mezza dramma del miglior olio da lucerna - - - - - - - - - -	22, 3
di mezza dramma di carbone - - -	17, 1

Calore comunicato da 100 once mis. d' aria pura alterate

dalla combustion della cera - - - -	21
dalla combustion del carbone - - -	19, 3
dalla respirazione d' un porcellino d' India	17, 3

Scorgesi nella Tavola precedente che quando le quantità dell' aria alterata sono eguali, la combustion della cera produce più calore di quella del carbone, e questa più della respirazione d' un animale. Ecco la probabil cagione di questi di-

divarj. Nella combustion della cera molta aria pura cangiasi in acqua, e il cangiamento dell' aria pura in acqua produce più calore che non il cangiamento dell' aria pura in aria fissa. Nella respirazione animale, la traspirazione insensibile assorbisce e disperde in parte il calore.

Ciò non ostante i risultati sono tra loro così vicini che ne resta abbastanza provato, che il calore sviluppato in tutti questi processi trae origine se non in tutto, almeno nella massima parte, dal cangiamento dell' aria pura sia in aria fissa, sia in acqua.

Raccogliendo tutto il fin quì detto possiamo con intera sicurezza conchiudere. 1. Che quando un animale trovasi in un ambiente caldo, il color del sangue venoso s' accosta più a quello dell' arterioso che non quando egli trovasi in un ambiente freddo. 2. Che la quantità d' aria respirabile flogisticata dall' animale in un dato tempo è minore nell' ambiente caldo che nel freddo. 3. Che la quantità di calore che producesi allorchè l' aria pura è viziata dalla respirazione animale è eguale a un di presso a quella che producesi quando un eguale quantità d' aria pura è viziata dalla combustion della cera, e del carbone.

SEZIONE TERZA.

Dai fenomeni stabiliti e confermati per le riferite sperienze discende una comodissima spiegazione tanto del calore animale, quanto del calore prodotto dall' infiammazione de' corpi combustibili.

1. *Del Calore Animale.*

Abbiam dimostrato che l' aria che ispirasi contiene più calore assoluto che non l' aria espirata. Abbiam mostrato particolarmente che di quell' aria pura che rimane viziata nell' atto della respirazione circa un sesto si converte in vapore acqueo, e gli altri cinque sesti in aria fissa: che quando ne' processi flogistici una data quantità d' aria pura cangiasi in aria fissa, il peso di quest' ultima sorpassa il peso della prima d' un quinto del totale: che a pesi eguali il calore comparativo dell' aria pura è a quello dell' aria fissa come 4 ad 1: onde segue che il peso dell' aria fissa essendo a quello dell' aria pura come 5 a 4, la quantità di calore nell' aria pura starà alla quantità di calore nell' aria fissa in ragione di 3 ad 1 prossimamente: ed in fine si è provato che in ragione appunto di 3 ad 1 sta ancora il calore dell' aria pura a quello del vapore acqueo.

Poichè dunque nell' aria fissa e nel vapore acqueo

queo che espirando si esalano, non si trova che un terzo del calore che trovavasi nella parte più pura dell' aria atmosferica ispirata, è forza conchiudere che l' aria ispirata deponga ne' polmoni una parte non piccola del suo calore assoluto.

Di più abbiam dimostrato che il calor comparativo del florido sangue arterioso sta a quello del sangue venoso come 11, 5 a 10. Poichè dunque il sangue che si restituisce al cuore per la vena polmonare ha più calore assoluto che prima non avea, egli è manifesto che questo calore deve averlo acquistato nel suo passaggio pei polmoni. Possiam dunque conchiudere che nel processo della respirazione una certa dose di calore assoluto separata viene dall' aria, e resta assorbita dal sangue.

La giustezza di quest' illazione verrà vieppiù rischiarata dal calcolo seguente, per cui potremo formare uno scandaglio da una parte del calore perduto dall' aria pura nel convertirsi in aria fissa ed in vapore acqueo, dall' altra del calore acquistato dal sangue venoso nel convertirsi in sangue arterioso.

Il calor comparativo dell' aria pura è a quello dell' aria fissa e del vapore acqueo in cui si cangia, in ragione di 3 ad 1. Quindi quel calore che alza l' aria pura d' un grado alzerà l' aria fissa ed il vapor acqueo di tre gradi; e similmente quel calore che alza l' aria pura d' un dato numero di gradi, alzerà l' aria fissa e il vapor acqueo d' un numero triplo.

Ora abbiam mostrato che l' aria pura alla comune

mune temperatura dell' atmosfera contiene gr. 1550 di calore. Immaginiamo adunque una certa dose d' aria pura isolata e lontana dal contatto di verun corpo che possa levarle il calore: se quest' aria si converta tutt' ad un tratto in aria fissa ed in vapore acqueo, il calore che in lei contenevasi salirà a gr. 1550 X 3, ossia a gr. 4650. E poichè la temperatura del ferro rovente è 1050, così si può dire che la quantità di calore che sprigionasi dall' aria pura mentre cangiasi in aria fissa e vapor acqueo, è tale che (se non fosse dissipata) alzerebbe l' aria fissa ed il vapore acqueo a più del quadruplo dell' eccesso di temperatura del ferro rovente sopra la temperatura comune dell' atmosfera. E però se il calore assoluto che sprigionasi dall' aria nella respirazione non venisse assorbito dal sangue, produrrebbesi entro i polmoni un grado fortissimo di calor sensibile.

Dall' altra parte quel calore che è capace di alzare il sangue venoso di gr. 115 non può alzar l' arterioso che di gr. 100: perciò similmente quel calore che alza il sangue venoso d' un qualunque numero di gradi, alzerà l' arterioso di un numero minore in proporzione di 100 a 115, o di 20 a 23. Or noi sappiamo che il sangue venoso ha per lo meno gr. 1580 di calore. Adunque se una data quantità di sangue venoso isolata e divisa da tutt' altra sostanza che potesse somministrargli del calore cangisi tutto ad un tratto in sangue arterioso, il calore che contenevasi nel sangue venoso non manterrà l' arterioso che a gr. 1580 X $\frac{20}{23}$ ossia

sia a gr. 1373 : e per conseguenza il calor sensibile soffrirà un discapito eguale alla differenza tra 1580 e 1373, cioè di circa gr. 200. Ma la comune temperatura del sangue venoso è 96. Adunque il sangue venoso mentre per entro a' polmoni convertesi in sangue arterioso, se dall' aria non ricevesse nuovo calore proporzionato al cangiamento che soffre, il suo calor sensibile scemerebbe di gr. 200; da gr. 96 scenderebbe sino a gr. 104 sotto lo zero di Farhenheit.

Che il calore animale tragga origine dal fuoco elementare che si svolge dall' aria entro i polmoni, sempre più ne fan certi le Sperienze recate in prova della Terza e della Quarta Proposizione.

Dalle Sperienze infatti relative alla Proposizione III. apparisce che quando i corpi si congiungono col principio infiammabile, perdono una parte del loro fuoco elementare: e quando al contrario si disgiungono dal principio infiammabile, riassorbiscono egual parte di fuoco elementare da' corpi ambienti. Dalle Sperienze poi relative alla Proposizione IV. confrontate colle scoperte di *Priestley* e di *Cavendish* apparisce che l' aria pura combinata col principio infiammabile esistente in istato d' aria infiammabile leggera, si cangia in vapor acqueo: che la stessa combinata col principio infiammabile in istato d' aria infiammabile pesante, convertesi in aria fissa: che la cera, l' olio, ed il sevo sono composti nella massima parte d' aria infiammabile sì pesante che leggera in istato solido: che quando l' aria pura è viziata dalla combustione di queste sostanze, risulta aria

fissa

fissa e vapor acqueo: che finalmente gli stessi prodotti si ottengono quando l' aria pura è viziata dalla respirazione animale. Da tutto ciò segue chiaramente che siccome nella combustione della cera, dell' olio, del sevo, così parimente nella respirazione animale l' aria pura rimane viziata in grazia della combinazione in cui entra col principio infiammabile. E siccome sappiamo in generale che la combinazione col principio infiammabile è sempre accompagnata da uno sviluppo di calore; e sappiamo di più in particolare che questa combinazione svolge dall' aria un ampia dose di fuoco elementare nell' atto della combustione delle sostanze oleose; così possiamo inferire che nel processo della respirazione un simile sviluppo abbia pur luogo. Illazione confermata anche di più dai risultati delle Sperienze VIII. IX. X. XI. della Proposizione IV. dai quali apparisce che quando eguali masse d' aria sono viziate sia dalla respirazion d' un animale, sia dalla combustione d' una candela di cera, le quantità di calor sensibile che si producono sono presso a poco eguali.

Dall' altra parte le Sperienze I. II. della Proposizione II. paragonate colle osservazioni fatte alla pag. 60 mostrano che il cangiamento che subisce il sangue nel fare il giro de' polmoni è analogo a quello che subiscono i corpi solidi quando si liquefanno: voglio dire in entrambi i casi le capacità crescono. Ora noi sappiamo che i solidi nel liquefarsi assorbiscon del calore: possiam dunque conchiudere che nel cangiarsi del sangue

di

di venoso in arterioso abbia luogo un simile assorbimento.

Finalmente le prime sette sperienze della Proposizione IV. ci mostrano che posto un animale in un ambiente freddo, il suo sangue venoso prende una tinta più carica, e la sua respirazione vizia più d'aria in un dato tempo di quel che faccia lo stesso animale in un ambiente caldo. Ora le bellissime sperienze di *Priestley* c' insegnano che il color livido del sangue venoso dipende dalla sua combinazione col principio infiammabile. Quanto dunque è più bassa la temperatura dell' ambiente, tanto più il sangue copiosamente è imbevuto di principio infiammabile, tanto più ne somministra all' aria ne' polmoni, tanto più d' aria resta flogisticato in un dato tempo, e tanto più di fuoco elementare resta assorbito. Di quì rilevasi che la quantità di calore sviluppata dall' aria ed assorbita dal sangue è in tutti i casi proporzionata al bisogno. Giacchè dunque abbiam provato che dall' aria nel processo della respirazione svolgesi e resta assorbito dal sangue del fuoco elementare: giacchè la quantità di questo fuoco assorbito trovasi non solo adeguata all' effetto che intendiam di spiegare ma ancora ad esso proporzionale, abbiam tutto il diritto di riguardarla come la vera cagione del calore animale.

Il calore animale svolgesi adunque per un processo tutto analogo alle attrazioni elettive de' Chimici. Entra ne' polmoni l' aria pura carica di molto fuoco elementare; vi accorre il sangue reduce dalle estremità carico di principio infiammabile;

questo

questo principio è più attratto dall'aria pura, che non dal sangue. Esso dee dunque abbandonare il sangue e combinarsi coll'aria; per questa combinazione l'aria è costretta a sviluppare una parte del suo fuoco elementare: siccome nello stesso tempo il sangue è accresciuto in capacità, esso assorbisce all'istante questa parte di fuoco sviluppata dall'aria. Il sangue arterioso circolando poi pe' vasi capillari imbevesi nuovamente del principio infiammabile, e in conseguenza di ciò scema nuovamente in capacità. Vedi le sperienze alla Proposizione II. Esso per tanto nel progresso della circolazione va spogliandosi a poco a poco del calore assorbito ne' polmoni, e va diffondendolo a tutta la macchina animale. Così nella respirazione il sangue continuamente si scarica del principio infiammabile, ed assorbisce il calore; nella circolazione imbevesi continuamente del principio infiammabile, e si scarica in quella vece del calore.

Nell'asserire che il processo per cui il calore svolgesi dall'aria e viene assorbito dal sangue è analogo ad una chimica attrazione elettiva, non intendo già di asserire che il fuoco elementare sia in realtà capace d'entrare in chimica combinazione coi corpi: molto meno di affermare quel che taluno ha supposto, che sia realmente un attrazione elettiva doppia per cui il calore si separi dall'aria nella respirazione. Per affermar ciò, converrebbe prima provare che il calore è una sostanza: ora io non so che siasi fino ad ora prodotta sperienza alcuna che ciò dimostri.

Nè

Nè questa opinione è già essenzialmente connessa colle proposizioni delle quali abbiam fatto uso: proposizioni dedotte da fatti stabiliti per esperienze, e che debbono assolutamente ammettersi, qualunque ipotesi ci piaccia adottare intorno la natura del calore.

Sia che noi riguardiamo il calor sensibile de' corpi come effetto d' un fluido particolare; sia come effetto d' una forza inerente a' corpi, che ad alcuni è piaciuto chiamar forza ignea; sia che vogliam considerare il freddo come l' azione d' una forza inerente, e il calore come effetto della diminuzione di questa forza: in qualunque di queste ipotesi le proprietà generali del calore riferite nel nostro Libro debbono necessariamente aver luogo, giacchè esse sono certe per la sperienza e per la testimonianza de' sensi. Per esempio convien pur accordare che la quantità sia del fluido igneo sia della forza ignea ne' corpi cresca o scemi per la comunicazione di corpi contigui che abbian diversa temperatura; che diseguali quantità di fuoco richieggansi a produrre lo stesso grado di calor sensibile in eguali masse di corpi eterogenei; che un cangiamento di forma in un corpo induca un alterazione nella quantità di fuoco necessaria ad elevarlo a una data temperatura. Ora la spiegazione testè recata del calore animale poggia su queste proprietà generali, e non già sopra veruna ipotesi concernente la natura del calore. Per mezzo di queste proprietà generali abbiam potuto valutare i calori comparativi di varj corpi, e particolarmente dell' aria respi-

rabile e del sangue degli animali. E dovendosi per ciò riconoscere come un fatto certissimo che nel processo della respirazione s' induca una diminuzione nella quantità di calore esistente nell' aria, ed un accrescimento nella quantità di calore esistente nel sangue, è del pari indubitabile la conseguenza, che nel processo della respirazione passi il calore continuamente dall' aria al sangue.

Non sarà inopportuno l' aggiunger quì un altra considerazione. Siccome il sangue imbevendosi del principio infiammabile scema in capacità, così per lo contrario quelle parti della macchina animale dalle quali esso riceve questo principio debbon naturalmente crescere in capacità, e per conseguenza assorbir del calore. Ora se i cangiamenti di capacità, e le quantità di materia affette da questi cangiamenti fossero tali che il fuoco elementare sviluppato dall' aria restasse tutto assorbito, egli è manifesto che niuna parte del calore sviluppato ne' polmoni si renderebbe sensibile nel corso della circolazione.

Ma il fatto accade diversamente, e ne saremo convinti per le riflessioni seguenti.

Ognun sa che nella circolazione producesi calor sensibile: ora abbiam provato per via di sperienze che il fuoco elementare ricevuto dal sangue ne' polmoni viene ritolto al medesimo nel progresso della circolazione. Se dunque volessimo supporre chè tutto il fuoco che vien perduto dal sangue restasse totalmente assorbito da quelle parti della macchina da cui esso riceve il principio infiammabile, sarebbe poi necessario il ri-

cor-

correre a qualche altra cagione onde spiegare il calor sensibile prodotto nella circolazione. Ora le regole della buona fisica c' insegnano che degli effetti naturali non dobbiamo nè ammettere nè rintracciare altre cagioni, fuorchè quelle che sono allo stesso tempo e realmente esistenti, e sufficienti a render ragione de' fenomeni.

Che parte del fuoco sprigionato dal sangue nella circolazione divenga ridondante, resta ancor confermato dall' analogia. Il processo per cui il sangue arterioso si flogistica nel suo passaggio pe' vasi minimi è simile a quello per cui l' aria pura si flogistica nella combustione delle sostanze oleaginose. Quì il principio infiammabile si separa da una base terrea e si combina coll' aria: là si separa dalle parti putrescenti del sistema animale e si combina col sangue. In ambedue i casi il corpo che perde il principio infiammabile cresce in capacità, il corpo che lo riceve scema in capacità. Poichè dunque nella combustione delle sostanze oleaginose i cangiamenti di capacità del corpo che perde il principio infiammabile, e di quello che lo riceve sono talmente fra loro proporzionati, che una parte del calore divien ridondante, possiamo inferirne che lo stesso avvenga nella circolazion del sangue pe' vasi capillari.

Egli è però verissimo che quelle parti del sistema animale che trasmettono al sangue il principio infiammabile crescono in capacità: onde non si può negare che qualche parte del calore che si separa dal sangue resti assorbita. Questa proba-

bilmente è la cagione per cui il calore prodotto da un animale è minore di quello che vien prodotto dalla combustione d' una candela di cera, poste eguali le quantità d' aria viziata. Egli è in fatti naturale che gli umori putrescenti tosto che hanno comunicato al sangue il principio infiammabile escano sotto forma d' insensibile traspirazione, e seco portino parte del fuoco che hanno assorbito dal sangue nella circolazione. Tuttavia la quantità di calore che diventa sensibile nel corpo animale rende assai chiaro che la quantità di fuoco assorbita così non può esser molto grande.

Circolando adunque il sangue per la macchina animale spogliasi poco a poco del fuoco che ha ricevuto dall' aria ne' polmoni: piccola parte di questo fuoco resta assorbita da quelle particelle che trasmettono al sangue il principio infiammabile: il rimanente divien ridondante, e passa in calor movente e sensibile.

2. *Della Combustione.*

Risulta dalle nostre sperienze che l' aria atmosferica contien molto fuoco elementare o vogliam dir calore assoluto: che ne perde la massima parte quando si cangia in aria fissa ed in vapore acqueo: che i corpi crescono in capacità ne' cangiamenti ch' essi subiscono nell' atto della combustione. Di quì io conchiudo che il calore che producesi nella combustione deriva dall' aria, non già dal corpo infiammabile.

In-

Infatti i corpi combustibili scarseggiano di calore assoluto, l' aria atmosferica per lo contrario ne abbonda. Nel processo dell' infiammazione l' aria si cangia in aria fissa ed in vapore acqueo: essa deve dunque sviluppare una gran parte del suo calore assoluto, che svolto rapidamente prorompe in fiamma, e induce un intensissimo calor sensibile. Abbiam già fatto il calcolo che il calore prodotto dall' aria atmosferica cangiantesi in aria fissa è tale, che se non fosse dissipato, basterebbe ad alzare l' aria cangiata così del quadruplo dell' eccesso di temperatura del ferro rovente sopra la temperatura ordinaria dell' atmosfera. Egli è perciò innegabile che nel processo dell' infiammazione l' aria somministra una copia grandissima di calore.

Per l' altra parte egli è certo che il corpo infiammabile non può somministrarne punto. Le sostanze combustibili nell' infiammazione subiscono un cangiamento tutto simile a quel che subisce il sangue nella respirazione; cangiamento per cui esse crescono in capacità: non possono dunque somministrar parte alcuna del loro calore assoluto, ma debbon anzi assorbirne, come appunto ne assorbisce il sangue nel circolar pei polmoni. La calce di ferro, per esempio, trovasi contenere di calore assoluto più del doppio di quel che contiene il ferro nel suo primiero stato metallico. Questa calce adunque nella combustione dee necessariamente assorbire una quantità di calore assoluto corrispondente a questo eccesso.

Ora questo calore assoluto donde lo riceverà essa? Dal ferro non già; perchè il ferro prima della calcinazione non ne contiene neppur la metà di quello che trovasi nella calce. Bensì l' aria atmosferica che trovasi in contatto del ferro nella sua calcinazione, ne resta alterata: gran parte del suo calore assoluto si sviluppa: e parte di questo è assorbita dalla calce, il resto comparisce sotto sembianza di fiamma, e rendesi calor vivo e sensibile. Possiam dunque conchiudere che il calor sensibile eccitato nella combustione dipende da uno sviluppo del calore assoluto contenuto nell' aria.

A conferma di quest' illazione è a riflettere che (tranne il cangiamento che l' aria soffre nella respirazione, nel qual caso il calore viene tosto assorbito) il rapido cangiamento dell' aria pura in aria fissa o in vapor acqueo è costantemente accompagnato da produzione di calor sensibile. Così calor sensibile si produce quando l' aria pura si fa detonar coll' aria infiammabile, quando resta diminuita e contaminata dalla putrefazione, dalla combustion di sostanze oleose, dalla scintilla elettrica. In tutti questi casi, se la quantità d' aria cangiata in un dato tempo è grandissima, il cangiamento è accompagnato da molta luce, da viva fiamma, da intenso calore: ma se l' alterazion dell' aria è lenta e successiva, il calore si trasfonde d' una maniera impercettibile ai corpi ambienti.

L' aria atmosferica è certo una sorgente copiosissima di fuoco, o calore assoluto. Colla trasfusione di parte di questo calore entro i polmoni,

essa

essa è che mantiene la temperatura del sangue arterioso, e somministra così quel *pabulum vitæ* cotanto essenziale alla conservazion del regno animale: con un analogo processo essa pure mantiene quei fuochi naturali od artificiali che si eccitano nell' infiammazione de' corpi combustibili.

Alcuni fisici e particolarmente *Deluc* e *Lavoisier* hanno supposto che il calore eccitato nell' infiammazione de' corpi combustibili non nasca già da un cangiamento di capacità nell' aria, ma bensì da una chimica decomposizione.

Essi prendon per dato che il fuoco elementare sia una sostanza. Lo considerano in due stati; di fuoco fisso, e di fuoco libero. Fuoco libero è quella parte di fuoco elementare che esiste per tutto nella natura in istato vivo e sensibile, disposto ognora a trasfondersi dai corpi più caldi ai più freddi. Fuoco fisso è una parte di fuoco elementare che varj corpi naturali ritengono in istato di chimica combinazione secondo le loro diverse forze attrattive. Questo fuoco combinato così coi corpi perde, secondo questi fisici, le sue caratteristiche qualità. In conseguenza essi ammettono, che nella combustione dell' aria deflogisticata coll' infiammabile, il fuoco che era combinato in queste sostanze e trattenuto in esse fisso ed insensibile, sia in virtù della loro unione sviluppato per una prevalente affinità, ed acquisti così la forma di fuoco libero e mobile.

Se la produzion di calore che ha luogo in questo processo nasca da un cangiamento di capacità, o da una chimica decomposizione, egli è questo

un problema che non potrebbe decidersi che con prove di fatto. Non so che finora siasi prodotta sperienza alcuna che mostri che il fuoco elementare possa chimicamente combinarsi coi corpi in guisa di perdere le sue proprietà distintive. A stabilire questa opinione sarebbe necessario provare, che qualora i corpi producono sensibil calore in un cangiamento di forma, le capacità loro o non subiscono diminuzione alcuna, o questa diminuzione non è proporzionata al calore prodotto. *Lavoisier*, e *Laplace* hanno veramente trovato in qualche caso che i cangiamenti di capacità non corrispondean troppo bene alle quantità del calore sviluppato: ma essi riconoscono pure che le aberrazioni da loro incontrate non son punto maggiori di quelle che avrebber potuto nascere dagli errori inseparabili dalle sperienze. Ho fatto molte sperienze ad oggetto di decidere questo punto: ho trovato costantemente che quando i corpi cangiando forma producean del calore, le loro capacità scemavano, e quando per lo contrario producean del freddo, le capacità crescevano. Ma non m'è riuscito di portar nelle mie sperienze un esattezza così precisa, da poter decidere con sicurezza se questi cangiamenti delle capacità fossero per appunto proporzionali alle quantità del calore o del freddo prodotto. I risultati però non furono incompatibili con questo supposto: nè deviaron da esso se non quanto poteva naturalmente temersi dalle inevitabili anomalie a cui van soggette siffatte sperienze. Potrebbe anche darsi, come sospetta *Deluc*, che mentre un corpo cre-

sce

sce in capacità entri insieme in chimica combinazione con una certa dose di fuoco elementare; e che quando lo stesso corpo ritorna alla capacità primiera, il calore che si svolge sia in parte un effetto della diminuita capacità, in parte d' una chimica decomposizione.

Allo stesso fine di accertare se parte alcuna del calore assorbito da' corpi crescenti in capacità entri in una chimica unione con essi, si potrebbe anche istituire una serie di accurati esperimenti, diretti ad indagare l' infimo grado di calore, giusta il metodo insegnato prima da *Irvine*, ed esposto appresso in modo più compendioso da *Magellan*, e da *Lavoisier* e *Laplace*.

Se risulterà da questi sperimenti che l' infimo grado di calore sia costante, ne seguirà che il calore non entra giammai in chimica unione coi corpi; e però che tutto il calore e freddo sensibile che producono cangiando forma, nasce unicamente dall' alterazione delle capacità. Ma se quest' infimo grado di calore non si ritrova costante, allora dovrem dire che il calore assorbito da' corpi crescenti in capacità si combina in parte con essi, e perde le sue qualità caratteristiche.

Quest' illazione si renderà evidente col riflettere che la determinazione dell' infimo grado di calore secondo il calcolo d' *Irvine* è fondata sulla relazione che ha luogo tra la diminuzione della capacità, e l' accrescimento del calor sensibile, o viceversa. Così nelle sperienze nostre fatte coll' aria pura e l' aria infiammabile, la diminuzione

di

di capacità fu di 6, 07 e l' accrescimento di calor sensibile fu incirca di gr. 1300; quindi si dedusse che l' infimo grado di calore era a 1500 prossimamente. Ma se l' accrescimento di calor sensibile fosse stato di gr. 2600 e la diminuzion di capacità fosse restata la medesima, il grado infimo sarebbesi trovato intorno a 3000. Dal che è manifesto che se in alcuni corpi gli accrescimenti di temperatura prodotti da un cangiamento di forma nascono in parte dalla diminuzione della capacità ed in parte da uno sviluppo chimico di calore; e in altri corpi al contrario gli accrescimenti di temperatura nascono unicamente dalla diminuzione della capacità; lo zero ossia il grado infimo di calore dedotto dalle alterazioni delle capacità e delle temperature varierà: nel primo caso si troverà più lontano dalla temperatura comune dell' atmosfera che non nel secondo. Egli è dunque evidente che la questione intorno la chimica combinazion del fuoco resterebbe decisa, coll' istituire una serie d' esperienze rivolte a scoprire i cangiamenti di capacità che insorgono dalle mutazioni di forma, e le quantità di calore o di freddo che contemporaneamente si producono *.

Intanto è certo per esperienza, che lo sviluppo di calore da' corpi che dallo stato di gas passano allo stato liquido, o da questo allo stato solido, e l' assorbimento di calore ne' corpi che subiscono mutazioni opposte, dipende almeno in parte da un alterazione di capacità. Per ora dunque

* Vedi l' Appendice al num. III.

que io trovo più coerente alla semplicità della natura il conchiudere che sia questa la cagione unica di tal fenomeno.

Nel corso delle nostre sperienze abbiam già rilevato che le stesse quantità di fuoco o calore assoluto producono diversi cangiamenti di temperatura in eguali pesi di diversi corpi eterogenei: ma che nel medesimo corpo, finchè conserva la medesima forma, la stessa quantità di calore produce prossimamente lo stesso cangiamento di temperatura. L'elemento del fuoco trovasi adunque ne' varj corpi variamente distribuito; ciascun corpo richiedendo tanto più di calore assoluto affine di alzarsi dal punto di total privazione alla temperatura media dell' atmosfera, quanto meno la di lui temperatura resta accresciuta per l' aggiunta d' una data quantità di calore.

Il Dr. *Irvine* ha provato che quando i corpi cangian di forma, le loro capacità sono per lo più quando diminuite, quando accresciute; ossia in altri termini, che quando un corpo cangia di forma, una data quantità di calore assoluto produce nella sua temperatura un alterazione o maggiore o minore di quella che sarebbesi prodotta senza il cangiamento di forma. Quindi è che un cangiamento di forma ne' corpi è sempre accompagnato o da assorbimento, o da sviluppo di calore.

Nella combinazione dell' aria deflogisticata coll' aria infiammabile, queste sostanze sceman moltissimo in capacità. Onde è forza che questo processo sia accompagnato dalla produzione di mol-

to calor sensibile. Poichè siccome questi gas scemano in capacità, la loro temperatura per l'applicazione d'una data quantità di fuoco cresce assai più che non crescerebbe se la stessa quantità di fuoco applicata si fosse ad essi prima dell'unione: quindi quella quantità di fuoco che prima dell'unione era sufficiente ad elevarli dal punto di total privazione fino alla comune temperatura dell'atmosfera, sarà adesso capace d'elevarli a una temperatura molto più alta.

Per simil guisa se un vaso cilindrico che contenga dell'acqua tutto in un tratto si ristringa nel diametro, è forza che l'acqua salga nel vaso ad un livello più alto.

Ecco dunque che nell'indagare la spiegazione del calore prodotto dall'unione dell'aria pura coll'infiammabile, ci siamo avvenuti a scoprirne una cagione che per le sperienze provasi esistere in realtà, e che comprende insieme tutti gli altri casi, a' quali le nostre osservazioni si estendono. Ed essendosi per le sperienze riconosciuta l'esistenza d'una cagione sufficiente a render ragion de' fenomeni, la semplicità della natura più non ci permette di far concorrere alla produzione degli stessi effetti altre cagioni, l'esistenza delle quali non è garantita da alcuna prova sperimentale. La natura nulla opera in vano, e *frustra fit per plura quod fieri potest per pauciora*.

Generalmente adunque il calore sviluppato dall'aria in grazia della sua alterata capacità è la vera cagione tanto del calore animale, quanto dell'infiammazione de' corpi combustibili.

SE-

SEZIONE QUARTA.

Passerò ora a far vedere come dalla proposta Teoria ricevano un facile scioglimento i fatti e fenomeni più osservabili relativi al Calore Animale ed alla Combustione.

1. *Fenomeni relativi al Calore Animale.*

I. La proposta Teoria rende ragione perchè gli animali che respirano abbiano una temperatura più alta di quelli che sono sprovvisti d' organi respiratorj. I primi respirando assorbiscono continuamente del calore dall' aria. E forse il principale intendimento della natura nel dare a tanta parte delle creature animali un sistema polmonare, ed una doppia circolazione, fu quello di provvederli d' un organo atto ad assorbire il calore.

Il calore animale e quel della combustione hanno la stessa origine: nascono entrambi dall' aria la quale rimanendo alterata è costretta a svolgere del calore assoluto. La quantità d' aria che un uomo altera in un minuto trovasi per le sperienze eguale a quella che altera una candela in pari tempo. Quindi un uomo va assorbendo continuamente dall' aria tanto calore quanto ne produce una candela che brucia.

Osservano gli storici naturali che anche gli animali

animali di sangue freddo hanno la facoltà di mantenersi ad una temperatura alcun poco più alta dell' ambiente. A spiegar questo fenomeno convien riflettere che il calore animale dipende bensì indirettamente dal cangiamento che subisce l' aria nella respirazione, ma direttamente dipende piuttosto dal cangiamento che subisce il sangue nella circolazione. Il sangue passando pe' vasi capillari scema in capacità; quindi sviluppa e trasmette una parte del suo calore assoluto. Qual sia la sorgente ond' esso ristora e ricupera questo calore perduto, negli animali di sangue freddo che non respirano, la sola sperienza può insegnarlo. E' probabile che il cibo onde essi si nutrono contenga più calore assoluto che non il sangue. Se ciò è, saranno le materie alimentari che andranno comunicando del calore al sangue.

II. Le belle ed interessanti Sperienze di *Fordyce* dimostrano che il corpo animale in alcune circostanze ha la facoltà di produr freddo, ossia di tenersi a temperatura un poco più bassa dell' ambiente.

Questa facoltà taluno ha voluto ripeterla dall' evaporazione che si fa alla superficie del corpo: e in vero non può negarsi che l' accresciuta evaporazione non possa moltissimo a diminuire il calore; ma le sperienze di *Fordyce* mostrano che tai fenomeni non dipendono da questa sola cagione. Egli stette per 15 minuti in aria umida riscaldata a gr. 130, stando il termometro applicato sotto la sua lingua a gr. 100. Rivi d' umidità condensata gli bagnavano il corpo, provegnenti dalla con-

condensazion del vapore, siccome apparì chiaramente da una simile condensazione d' umidità nella superficie d' un fiasco di Firenze empiuto d' acqua a 100.

Egli trovò di più che un cane potea vivere senza grave incomodo per un tempo ben lungo nell' aria riscaldata a gr. 260, il suo corpo conservando tuttavia con picciol divario la naturale temperatura; esso non l' oltrepassò mai che di due gradi.

La prima di queste sperienze fa vedere che il corpo animale gode della facoltà di produr freddo nell'aria umida del pari che nell' asciutta: nella seconda sperienza poi il raffreddamento era troppo maggiore di quello che avrebbe prodotto una massa eguale di materia inanimata contenente egual copia d' umidità. Dunque negli animali viventi la facoltà di produr freddo non nasce già soltanto dall' evaporazione.

E ciò sempre più confermano le sperienze seguenti. Una rana viva, ed una rana morta, la prima alla temperatura 67, l' altra a 68, entrambe ugualmente bagnate, furon poste sopra un drappo di fanella in un ambiente riscaldato a gr. 106. Due termometri si applicarono alla pelle di questi animali sotto le ascelle, e si osservò il progresso del raffreddamento per 25 minuti.

Minuti.	Aria.	Rana morta.	Rana viva.
1		70, 5	67, 5
2	102	72	68
3	100	72, 5	69, 5
4	100	72, 5	69, 5
25	95	81, 25	78, 25

In-

Introdotti i termometri entro lo stomaco, il calore interno trovossi eguale a quel della superficie.

La rana viva riscaldavasi adunque assai più lentamente che la rana morta. Perciò convien dire che le sue forze vitali cooperassero alla produzione del freddo.

A scoprire ora se questo freddo prodotto tragga origine unicamente dall' evaporazione superficiale accresciuta dalle forze vitali, si prese una rana viva, ed un altra morta entrambe alla temperatura di 75, e si tuffaron nell' acqua a 93, collocando la rana viva in guisa da lasciarle libero il respiro. Ciò posto fu:

Dopo minuti 1	Rana morta a 85	Rana viva a 81
2	88, 5	85
3	90, 5	87
5	91, 5	89
6	91, 5	89
8	91, 5	89

Poichè adunque le rane vive hanno facoltà di produr freddo nell' acqua calda non meno che nell' aria calda; poichè il corpo umano ha la stessa facoltà nell' aria umida non meno che nell' asciutta: noi possiamo affermare che questa facoltà non nasce altrimenti dalla sola evaporazione.

M' inoltrerò adesso a proporre quella che sembrami esser la vera ed adeguata cagione del freddo che producono gli animali, allorchè trovansi in un ambiente la cui temperatura oltrepassa il loro calor naturale.

Dalle sperienze fatte sul sangue arterioso e venoso, e dal calcolo esposto alla pag. 252. rilevasi che

che la capacità del sangue cresce tanto nei polmoni, che la sua temperatura, se non venisse mantenuta dal calore derivato dall' aria nella respirazione, o dal calor derivato dai corpi contigui, scemerebbe di gr. 200. Quindi se l' evaporazion polmonare cresca di tanto da poter portar via tutto il calore che si svolge dall' aria, il sangue arterioso che vien dalla vena polmonare avrà il suo calor sensibile diminuito d' assai, e però assorbirà del calore dai vasi co' quali è in contatto e dalle parti vicine. Il calore assorbito così ne' vasi più grossi si svilupperà nuovamente nei capillari, ove il sangue bee nuovo principio infiammabile. In tali circostanze se supponghiamo che il sangue ad ogni giro della circolazione venga ugualmente imbevuto di principio infiammabile, egli è manifesto che tutto l' effetto di questa operazione consisterà nel raffreddare il sistema animale verso il centro, e portar tutto il calore alle parti esterne, ove esso può essere immediatamente dissipato per mezzo dell' evaporazione.

Ma dalla Sperienza VII. della Proposizione IV. apparisce che quando un animale trovasi in un ambiente assai caldo, la massa sanguigna ad ogni giro del circolo vien sempre meno imbevuta di principio infiammabile: il sangue venoso diventa allora sempre più diluto nel colore, finchè giunge a lungo andare a prender quasi l' aspetto del sangue arterioso; e sappiam già dalle sperienze di *Priestley* che il color cupo e livido del sangue scorrente per le vene nasce dalla sua combinazione col principio infiammabile. Poichè

que in un aria caldissima il sangue venoso non prende quella tinta sì carica, possiamo inferirne ch' esso non attrae tanto principio flogistico: e infatti le sei prime sperienze della stessa Proposizione IV. ne mostrano che l' aria flogisticata da un animale in un tempo dato è in quantità assai minore in un ambiente caldo, che in un freddo.

La quantità dunque di calore onde spogliasi il sangue nelle capillari non sarà in questo caso eguale a quella ch' esso assorbisce da' vasi più grossi, e però verrà prodotto freddo positivo. Se per esempio il sangue nel suo passaggio per le capillari assorbisce da' vasi più grossi una quantità di calore come 200, ed esso poi in grazia di ricever meno flogisto di prima non iscarica ne' vasi ultimi che una quantità di calore come 150, egli è manifesto che in tutto vi sarà un raffreddamento come 50; e questa cagione di raffreddamento continuerà ad operare sempre più, di mano in mano che il color del sangue venoso viene sempre più accostandosi a quello dell' arterioso, sin tanto che quest' accostamento sia divenuto il massimo possibile nelle circostanze in cui trovasi costituito l' animale: ed allora cesserà di operare. Così trovandosi l' animale in un ambiente caldissimo, quello stesso processo che gli somministrava il calore diviene allora uno strumento produttore di freddo, e lo preserva così da quelle forti alterazioni di temperatura, che gli riuscirebbero per avventura fatali.

Per una parte adunque l' accresciuta evaporazione alla superficie, per l' altra la diminuzione di quella

quella facoltà per cui il sangue s' imbeve del principio flogistico, son queste le due massime cagioni che producono l' osservato raffreddamento. La prima induce un raffreddamento alla superficie dell' animale; la seconda previene un accumulazion di calore verso il centro.

La facoltà che godono gli animali di raffreddarsi intorno al centro, posti che siano in un ambiente riscaldato sopra la loro naturale temperatura, sembra in particolar modo necessaria alla conservazion della vita. Siccome allora il calore che si riceve alla superficie è ben tosto portato verso l' interno dalla refluenza de' fluidi riscaldati, così se questo calore non fosse tosto assorbito e renduto latente pel cangiamento che prova il sangue ne' polmoni, il calor centrale crescerebbe bentosto a segno da distruggere affatto il principio vitale.

III. S' intende adesso facilmente il perchè gli animali conservino una temperatura costante malgrado le continue vicende del calore atmosferico, nate o dallo stato dell' atmosfera, o dalla diversità delle stagioni e dei climi.

Le sperienze susseguenti alla Proposizione IV. ci mostrano che il freddo dell' ambiente accresce la differenza tra la purezza dell' aria ispirata, e dell' espirata; ed accresce non meno la differenza tra il color del sangue arterioso, e del venoso. Ora la quantità di fuoco che si svolge dall' aria è proporzionata a queste differenze. L' evoluzion del calore dall' aria nasce dalla di lei flogisticazione, e però quanto più compiutamente resta flogistica-

ta una data porzion d' aria, tanto più di calore se ne sviluppa. E lo stesso si dee dire della flogisticazione del sangue. Quindi tostochè per il freddo dell' ambiente producesi un insolita dissipazione del calor vitale, il sangue nel decorso della circolazione comincierà ad imbeversi sempre più del principio flogistico; sempre più adunque esso ne scaricherà sull' aria ne' polmoni, e sempre più per conseguenza ne ritrarrà di calore. Aggiungasi che per la facoltà tonica e stimolante del freddo i vasi cutanei vengon ristretti, diminuita la traspirazione insensibile, il sangue determinato ai polmoni, il polso e la respirazione rendesi più piena e più frequente. Quindi a misura che il freddo incrudisce nell' invernale stagione e ne' climi settentrionali, s' invigoriscon pure le facoltà animali, e quindi in proporzione si aumenta la facoltà di assorbir calore dall' aria.

Nella calda stagione accade tutto l' opposto. Le forze vitali sono più languide: l' aria nella respirazione meno depravata: minor parte di principio flogistico resta attratta dal sangue nei vasi minimi; quindi la quantità del fuoco assorbito scema, ed allo stesso tempo l' evaporazion superficiale si accresce.

Così nel corpo animale le facoltà di produr caldo, o di produr freddo sono combinate sì bene che reciprocamente si equilibrano; così la legge per cui gli animali mantengono una temperatura uniforme malgrado le vicende dell' ambiente è analoga a quella per cui le temperature

de'

de' corpi rimangon fisse e invariabili, giunti che sono al punto di liquefarsi, o viceversa di consolidarsi. Quando l'acqua per esempio agghiaccia esposta a un freddo ambiente, la quantità di fuoco che l'ambiente va dissipando resta precisamente controbilanciata dal fuoco che l'acqua svolge nel congelarsi. Per simil guisa quando un animal vivente trovasi esposto al freddo, il calore che l'ambiente gli toglie vien compensato da quel calore di più che il sangue sviluppa nel circolare. Al contrario quando il ghiaccio trovasi in un atmosfera riscaldata, tutto il calore ch'esso ne riceve rendesi latente ed insensibile: e ciò pure abbiam veduto accadere ad un animale collocato in un caldissimo ambiente.

Quindi la facoltà produttrice del calore di cui godono gli animali è in tutte le circostanze proporzionata al bisogno. I freddi invernali l'aumentano, il calore estivo l'illanguidisce; essa è del tutto sospesa, o ben anche rivolta in una facoltà tutta opposta, secondo che lo esiggono i bisogni dell'animale.

IV. Fra i diversi animali quelli sono i più caldi che respirano maggior copia d'aria in proporzione della loro grandezza; e in uno stesso animale il grado di calore è in certo modo proporzionale alla quantità d'aria ch'esso ispira in un dato tempo.

Queste diversità naturalmente derivano dal fenomeno generale che il calore degli animali che respirano vien dall'aria. Infatti se il calor animale trae sua origine dal cangiamento dell'aria nel

polmone, egli è evidente che in parità delle altre circostanze, quanto maggiore sarà la quantità d' aria alterata in un dato tempo, tanto deve esser maggiore il calor che producesi.

Nel moto e nèll' esercizio l' azion muscolare riconduce in maggior copia il sangue delle estreme parti all' auricola destra del cuore; e l' azion del cuore lo determina indi a' polmoni. La respirazione è accelerata, la velocità della circolazione accresciuta; quindi un proporzionato accrescimento nella quantità di calore assorbita.

Nelle febbri l' accesso del freddo è preceduto da un languore, da un senso di spossatezza, da un rallentamenro dell' azion del cuore e delle arterie. La respirazione è tenue, il polso più basso del naturale; quindi minore la quantità di sangue che passa pei polmoni in un tempo dato; quindi il sangue scarica men di flogisto, e l' aria in conseguenza men di calore.

Continuando il freddo febbrile sopraggiunge uno spasmo alla superficie. (V. *Cullen* Prime linee della medicina pratica.) Il ristringimento de' vasi cutanei determina il sangue al cuore, il cuore è stimolato a contrazioni più forti e più frequenti; si accelera il corso del sangue pei polmoni: rendesi frequente la respirazione; e cresce perciò la quantità di calore assorbita.

E quì possiamo osservare che l' assorbimento del calore, e l' accelerazion del sangue scorrente pei polmoni agiscono e reagiscono scambievolmente in tal modo che il calore tende costantemente ad accrescersi. La velocità accelerata del sangue

aumen-

aumenta l' assorbimento del calore; l' accresciuto assorbimento del calore stimolando il cuore e le arterie a maggiori e più spesse contrazioni sempre più accelera la velocità del sangue, e questa di nuovo accresce sempre più l' assorbimento. Quindi si farebbe un cumulo di calore sempre maggiore, se non insorgesse qualche altra cagione a prevenirlo. La sollecita diminuzion di peso nel corpo, malgrado la copia delle bevande che si prendono e l' impedita secrezione urinaria, fa vedere che nel periodo del caldo febbrile ha luogo una copiosissima evaporazione alla superficie: egli è forse questo un de' mezzi dalla natura messi in opera a temprare il calore e a calmare la violenza del male.

Un altra cagione che impedisce la soverchia accumulazione del calore si è la facoltà raffreddatrice dell' aria esterna. Abbiamo altrove osservato che le quantità di calore perdute da un corpo che si raffredda in un tempo dato sono proporzionali all' eccesso del suo calore sopra quello dell' atmosfera. Se dunque il calor sensibile d' un corpo va crescendo mentre la temperatura dell' aria rimane la stessa, crescerà a proporzione la quantità di calore che essa in un dato tempo porta via e disperde.

Nelle febbri putride all' accelerato corso del sangue pei polmoni aggiungesi lo stato putrescente di tutta la macchina; per cui l' aria ispirata resterà più largamente imbevuta di principio infiammabile che non è in istato di sanità. Se in istato di sanità l' aria ricevuta entro i polmoni venis-

se compiutamente saturata di principio infiammabile, la quantità di calore che se ne svolge sarebbe sempre proporzionale alla quantità dell' aria ispirata in un dato tempo. Ma le sperienze dimostrano che l' aria esalata per espirazione da un animale sano non resta del tutto satura di principio infiammabile. L' aria nitrosa v' induce tuttavia una notabil diminuzione, e solo un ottava parte della medesima consiste in aria fissa. Perciò la quantità di calore che dall' aria si svolge nella respirazione è proporzionata in parte alla quantità dell' aria ispirata, in parte alla quantità di principio infiammabile che si svolge dal sangue in un dato tempo.

Nelle febbri di carattere putrido, siccome i solidi non men che i fluidi trovansi in istato di putrescenza, e però ritengono con minor forza il principio infiammabile, maggior copia di questo principio si scarica da' polmoni, l' aria ne resta più copiosamente imbevuta e però trasfonde nel sangue maggior parte del suo calore assoluto. E questo è forse il motivo per cui il calore del corpo umano non è giammai così intenso come nelle febbri putride.

V. L' inflammazion locale è accompagnata da rossore, da gonfiezza, e da calore straordinario. (V. *Cullen* l. c.) Le injezioni de' vasi, e le osservazioni microscopiche dimostrano essere accelerato il corso del sangue per la parte infiammata: ed è manifesto che la reazion violenta e il ristagno del fluido seroso effuso talvolta per la vicina cellulare dee indurre una disposizione alla putrescenza.

scenza. Abbiamo già osservato che il sangue arterioso ha una gagliarda attrazione pel flogisto, e la sua combinazione col medesimo l' obbliga nel decorso della circolazione a spogliarsi del calore acquistato ne' polmoni. In istato di perfetta salute, la velocità del sangue per le diverse parti del sistema organico, e le dosi di flogisto delle quali esso si carica in queste parti, sono attemperate le une alle altre per modo che il calore resta per tutto equabilmente diffuso. Ma se alcuna irregolarità sopravviene a toglier l' equilibrio; se l' azion de' vasi accresciuta spinge il sangue con insolita velocità per qualche luogo particolare; se in grazia d' una maggior tendenza alla putrefazione esso bee più largamente il flogisto: egli è manifesto che in quel luogo maggior copia di calore si svilupperà in un dato tempo. Questo calore stimolando i vasi indurrà in essi contrazioni più frequenti e più gagliarde, onde la velocità del sangue e quindi l' evoluzion del calore cresceranno tuttavia più. A questo modo si può rendere una probabil ragione di quei calori parziali che nascono dalle inflammazioni locali, e di quelli che si risentono nelle febbri etiche e nelle nervose.

Quell' accumulazion di calore che ha luogo nell' inflammazion locale per l' accresciuta velocità del sangue nella parte infiammata, è in tutto analoga, come apparirà in appresso, all' aumento di calore che si ottiene nella combustione quando si dirigge contro il fuoco una rapida corrente d' aria.

VI.

VI. Per ultimo osserverò che l'esposta Teoria del calore animale potrebbe per avventura condurci ad una spiegazione degli usi della milza, e delle glandole linfatiche.

Non potrebbe forse la milza esser destinata all' oggetto, parte di comunicare il dovuto grado di calore al sinistro lato dello stomaco, parte di somministrare al fegato il sangue flogisticato? Siccome una gran copia di fuoco viene sviluppata nell' atto della conversione del sangue da arterioso in venoso ne' vasi minimi, se il sangue dalla milza passasse al fegato in istato di sangue arterioso, ed ivi si cangiasse in venoso, sembra evidente che si avrebbe una soprabbondanza di calore nell' ipocondrio destro ed una penuria nel sinistro: e questa discrepanza sarebbe anche maggiore se il sangue che viene dagl' intestini passasse anch' esso al fegato in istato di sangue arterioso. Ma nella presente disposizione il sangue scorrente per le arterie celiaca e mesaraica, deposto il calore che avea assorbito ne' polmoni, e trasmessolo agl' intestini ed al lato sinistro dello stomaco, passa già pregno di principio infiammabile al fegato; e perciò non è più in istato di trasmetter nuovo calore. Inoltre la sua combinazione col flogisto lo costituisce fors' anche in quella condizione che è la più opportuna alla secrezion della bile.

Quanto alle glandole linfatiche, v' è luogo a credere che il sangue arterioso che in queste glandole vien convertito in venoso, attragga dalla linfa quantità di principio infiammabile, comunicandole in vece una dose di fuoco elementare. Egli

è

è verisimile che per siffatto cangiamento la linfa rendasi più acconcia a divenire una delle parti costitutive del sangue.

2. *Fenomeni relativi alla Combustione.*

I. Il calor sensibile della combustione nasce dall' aria, e trae sua origine dal calore assoluto che da essa si svolge. Quando dunque l' aria in cui brucia il corpo è spogliata della maggior parte del suo calore assoluto, la sorgente dell' infiammazione è esaurita, e la fiamma necessariamente rimarrà spenta. Ecco il perchè la perenne rinnovazion dell' aria è assolutamente necessaria all' infiammazione de' corpi, non meno che al sostentamento della vita animale.

II. Se il calor sensibile della combustione dipende da uno sviluppo di calore assoluto dall' aria pura, è chiaro che un gas, quanto più contien d' aria pura, tanto più durerà a mantenere così la fiamma de' combustibili, come la vita degli animali. La quantità d' aria pura che si contiene nell' aria deflogisticata della miglior qualità è circa quattro volte maggiore che nell' aria comune: e *Priestley* ha mostrato per appunto che quella cangiandosi in aria fissa svolge un calor sensibile cinque volte maggiore di quel che faccia l' aria comune per un simile cangiamento: poichè una candela durerà a bruciare per un tempo cinque volte più lungo nell' aria deflogisticata, che nell' aria comune *. III.

* Ne' processi flogistici una piccola porzione dell' aria pura

III. Se il calor sensibile della combustione procede da un cangiamento dell' aria, l' intensità del calore (pari essendo tutto il resto) sarà in proporzione della quantità d' aria cangiata in un dato tempo. Quindi il calore s' accresce moltissimo col diriggere sul corpo combustibile una corrente perpetua d' aria per mezzo d' un soffietto, o della canna ferruminatoria.

Abbiam già trovato che il cangiamento dell' aria deflogisticata in aria fissa sviluppa tanto calore, che sarebbe capace di alzare l' aria cangiata così di più del quadruplo dell' eccesso di temperatura del ferro rovente sopra la comune dell' atmosfera. Nè punto minore sarebbe il grado di calore eccitato dall' infiammazione de' corpi combustibili, se il fuoco sviluppato così tutto rimanesse nell' aria fissa, e restasse in quel grado di concentrazione in cui trovasi nel suo primiero sviluppo. Ma per la sua tendenza all' equilibrio il calore trabocca all' istante dal corpo infiammato, e spargesi sui corpi ambienti. Si accumula sopra il corpo combustibile, vien tosto assorbito dal vapore, e comunicato all' atmosfera. Ecco perchè il calore è sì vivo nella fiamma d' una candela, ed è poi tanto minore in pochissima distanza dalla medesima.

IV. I corpi infiammabili cangiano di capacità in quelle alterazioni che subiscono ne' processi della calcinazione e della combustione; il grado

però

pura contenuta nell' atmosfera resta garantita e sottratta all' azione del principio infiammabile dall' aria flogisticata, che forma una delle parti costitutive dell' atmosfera. Vedi pag. 194.

però di questo cangiamento è diverso ne' diversi corpi. Così abbiam trovata la capacità della calce di ferro essere a quella del ferro come 1, 9 ad 1; la capacità della calce d' antimonio a quella del regolo come 3, 5 ad 1; la capacità dell'aria pura a quella dell'aria fissa come 4 ad 1; la capacità del sangue arterioso a quella del venoso come 11, 5 a 10.

Di più egli è certo che diverse quantità di principio infiammabile si richieggono a saturare diversi corpi. Fralle sostanze oleose alcune abbondan più di questo principio, altre meno; e più se ne richiede a saturare l'aria pura, che non a saturare un egual peso di sangue arterioso.

Quando adunque il principio infiammabile passa da un corpo ad un altro, i cangiamenti che insorgono nelle capacità saranno diversi, come pure diverse saranno le quantità di materia cangiate in un tempo dato. Per esempio nella respirazione il principio infiammabile si separa dal sangue e si combina coll'aria: la diminuzione che questo processo cagiona nella capacità dell' aria è maggiore che non è l' accrescimento ch' esso cagiona nella capacità del sangue: e siccome si richiede più d' aria infiammabile a saturar l' aria pura che non a saturare un egual peso di sangue arterioso, così la massa di sangue arterioso che resta cangiata in un dato tempo sarà maggiore che non è la massa dell' aria.

Allorchè due corpi contigui allo stesso momento si alterano nelle capacità loro, crescendo quella dell' uno, e quella dell' altro scemando, se queste

te alterazioni siano talmente attemperate, che tutto il calore che si svolge dall' un de' corpi, assorbito resti dall' altro, non si produrrà punto nè di calore nè di freddo sensibile. I casi ne' quali ciò avviene possono specificarsi nel modo seguente.

Proposizione I.

Siano due corpi A, B; le loro capacità cangino entrambe ad un tempo, scemando quella di A, e crescendo quella di B. La capacità di A prima del cangiamento sia C, dopo il cangiamento c: quella di B prima del cangiamento k, dopo il cangiamento K. Sarà dunque $C - c$ la differenza tra le capacità di A prima e dopo il cangiamento: e $K - k$ la differenza tra le capacità di B. Ciò posto io dico, che poste eguali le masse, e le temperature, le differenze delle capacità staranno fra loro come le differenze dei calori assoluti.

Le capacità de' corpi si misurano (come s' osservò da principio) dalle quantità comparative di calore che essi contengono a masse e temperature eguali. Supponendosi dunque eguali le temperature e le masse de' due corpi A, B, le loro capacità saranno in ragion diretta dei calori assoluti. Perciò chiamando i calori assoluti di A e B prima del cangiamento rispettivamente H e p, e dopo il cangiamento h e P, avremo $C : c :: H : h$. E dividendo $C - c : c :: H - h : h$. E per la stessa ragione $K - k : k :: P - p : p$. Ma siccome le masse A e B sono eguali, e si suppone che i

corpi

corpi dopo il cangiamento siano stati ridotti alla medesima temperatura, sarà ancora $c : k :: h : p$.

Essendo dunque $C - c : c :: k : K - k$

ed ancora $H - h : h :: p : P - p$

sarà $C - c : K - k :: H - h : P - p$.

Il che ec.

Proposizione II.

Se le differenze delle capacità sono eguali, le differenze dei calori assoluti saranno come le masse *.

Ritenute le denominazioni di prima, abbiam veduto che se le masse A, B sono eguali, sarà $C - c : K - k :: H - h : P - p$. Cresca ora la massa del corpo A in qualsivoglia proporzione, e divenga T. I calori assoluti si chiamino R, r, e le masse di A (o B) e di T si chiamino rispettivamente q, Q.

Poichè le capacità di A, e B sono eguali, i calori assoluti prima del cangiamento saranno come le masse. Quindi $H :: R : q : Q$. Per la ragione medesima anche dopo il cangiamento i calori assoluti saranno come le masse. Quindi $h : r :: q : Q$. Adunque $H : R :: h : r$ onde $H - h : R - r :: h : r :: q : Q$. Ma $H - h = P - p$. Dunque $P - p : R - r :: q : Q$. Il che ec.

Pro-

* In questa proposizione e nella seguente supponghiamo i corpi ridotti a una comune temperatura e prima e dopo il cangiamento.

Proposizione III.

Se le differenze dei calori assoluti sono eguali, le differenze delle capacità saranno in proporzione reciproca delle masse.

Per la Proposizione I. date le masse, le differenze de' calori assoluti sono in ragion diretta delle differenze di capacità: per la Proposizione II. date le differenze delle capacità, le differenze dei calori assoluti sono in ragione diretta delle masse: quindi se saranno diseguali e le une e le altre, le differenze de' calori assoluti saranno in ragion composta delle differenze delle capacità, e delle masse. Ossia sarà $H - h$ proporzionale a $(C - c)\,Q$. Onde poi sarà $C - c$ proporzionale ad $\frac{H - b}{Q}$; e se la quantità $H - h$ sia data e costante, sarà $C - c$ in proporzion reciproca di Q. Il che ec.

Coroll. I. Ad effetto che non si produca nè calor nè freddo sensibile richiedesi adunque che le differenze delle capacità siano in proporzion reciproca delle masse cangiate in tempo dato. Perchè in tal caso, per l'inversa di questa proposizione, le differenze de' calori asssoluti saranno eguali.

Coroll. II. Se la diminuzion di capacità del corpo *A* starà all'accrescimento di capacità del corpo *B* in una proporzione maggiore di quella della massa *B* alla massa *A*, il calore sviluppato da *A* non verrà tutto assorbito da *B*, e però una parte ne resterà ridondante e diverrà calor sensibile e attivo.

Co-

Coroll. III. Le differenze delle capacità essendo reciprocamente come le masse, se le masse cangiate in un dato tempo saranno eguali, anche le differenze di capacità saranno eguali.

Coroll. IV. Supponendosi eguali le masse cangiate, poichè ad oggetto che non producasi nè calore nè freddo richiedesi che sia $H - h = P - p$, ne segue che debba esser $P = H + p - h$.

Se sia $h = p$, sarà $P = H$. Se h maggiore di p sarà P minore di H; e se finalmente sia h minore di p, sarà P maggiore di H.

Ciò si può esprimere ancora di questo modo: le masse cangiate essendo eguali, la capacità di A dopo il cangiamento, e quella di B prima del cangiamento si chiamino le capacità *minime* di queste sostanze; la capacità di A prima, e di B dopo il cangiamento si chiamino le capacità *massime*.

Poichè tanto scema la capacità di A quanto cresce quella di B, è manifesto che se le capacità minime sono eguali, lo saranno ancora le massime. Ma se le capacità minime sono diseguali, questa diseguaglianza deve esser controbilanciata da una corrispondente diseguaglianza nelle capacità massime: ossia di quanto la capacità minima di A è maggiore o minore della capacità minima di B, d'altrettanto la capacità massima di A sarà maggiore o minore della massima di B: le differenze delle capacità minime essendo in ogni caso eguali alle differenze delle massime.

Il caso del Corollario primo ha luogo nel calore che separasi dall'aria e viene assorbito dal sangue nella respirazione. Poichè siccome il ca-

lor sensibile ne' polmoni non è punto maggiore di quel che sia in altre parti del corpo, è chiaro che il calore svolto dall' aria rimane tutto assorbito. Dunque i cangiamenti indotti nell' aria e nel sangue sono tali che la differenza tra le capacità del sangue arterioso e venoso, sta alla differenza tra le capacità dell' aria fissa e dell' aria atmosferica, come sta la massa dell' aria alterata in un dato tempo, alla massa del sangue: nel qual caso pel suddetto Cor. I. niuna parte di calore divien ridondante. Perciò gli opposti cangiamenti che incontrano nel polmone l' aria ed il sangue si equilibrano perfettamente. Siccome la massa del sangue alterato per la respirazione in un dato tempo è maggiore assai di quella dell' aria, così il cangiamento che soffre l' aria è maggiore nella stessa proporzione del cangiamento sofferto dal sangue.

Il caso del Corollario secondo ha luogo nel calor sensibile che producesi nella circolazione, ed in quello che si palesa nella infiammazione de' corpi. Siccome noi troviamo che quel calore che si sviluppa dal sangue nel progresso della circolazione diviene in qualche parte ridondante, così possiamo inferirne che la diminuzione di capacità nel sangue sta all' accrescimento di capacità nelle parti animali che gli comunicano il principio infiammabile, in proporzion maggiore che non è quella della massa delle suddette parti animali alla massa del sangue: nel qual caso il calore che si sprigiona dal sangue non è del tutto assorbito; una parte si manifesta svolgendosi in calor sensibile.

Che

Che poi lo stesso caso abbia pur luogo nell' infiammazione de' corpi combustibili si farà chiaro per le seguenti osservazioni.

Nella combustion del ferro, il metallo cangiasi in calce, e la parte più pura dell' aria comune, quella che mantiene la combustione, viene assorbita, o tale qual' è, oppure combinata col flogisto. Per tale processo scema la capacità dell' aria, e cresce quella della calce: e perciò come apparisce dai Corollarj I. e III. se nella combustione del ferro eguali masse d' aria e di ferro rimanessero alterate, e se di più la differenza tra le capacità del ferro e della calce fosse eguale alla differenza tra le capacità dell' aria prima e dopo il cangiamento che essa riceve nell' unirsi al metallo, allora il calore sprigionato dall' aria verrebbe tutto assorbito dalla calce.

Il cangiamento di capacità a cui l' aria soggiace nel combinarsi col ferro si può determinare in questa guisa.

Abbiam provato che la quantità di calore assoluto esistente nella calce di ferro satura d' aria, sta alla quantità di calore assoluto esistente nella medesima spogliata in parte dell' aria per mezzo dell' acido nitroso e del fuoco, nella ragione di 6 a 4. Io suppongo che la calce satura d' aria, ne contenga un terzo del suo peso. Se immaginiamo tutto il calore esistente nella calce aerata diviso in 6 parti uguali, il calore assoluto della calce dopo l' espulsione dell' aria starà al suo calore assoluto prima di questa espulsione nel rapporto di 2, 6666 a 6. Perchè se la calce spoglia-

ta d'aria fosse eguale nella massa alla calce aerata, il calore della prima sarebbe a quello dell' ultima, come 4 a 6: ma siccome essa eguaglia solo due terzi della calce aerata, così i calori assoluti stanno come 2, 6666 a 6.

Supponghiamo che la differenza tra il calore della calce aerata e quello della stessa calce spogliata d'aria esprima il calore che era contenuto nell' aria durante la sua combinazione col metallo *. Ne segue che questo calore sarà rappresentato dalla differenza che è tra 2, 6666 e 6. Cioè il calore contenuto nell'aria starà al calore contenuto nella calce aerata come 3, 3334 a 6, essendo la massa dell' aria un terzo di quella della calce. E però prendendo eguali masse d' aria e di calce, il calore dell'aria starà a quello della calce come 3, 3334 X 3 a 6; cioè prossimamente come 10 a 6; o come 1, 6666 ad 1.

Abbiam veduto che il calor della calce sta a quello dell'acqua come 1 a 4; quindi sarà il calore dell'aria combinata a quello dell' acqua come 1 a 2, 4; ma il calore dell' aria pura sta a quello dell' acqua come 4, 75 ad 1; dunque il calore

* Supponendo ciò, si viene a supporre che la capacità della calce non resti alterata per la combinazione della calce medesima coll' aria. Eppure egli è probabile che essa ne resti d' alcun poco accresciuta. In questo caso la quantità di calore contenuta nell' aria risulterebbe veramente minore di quella che abbiam determinata: ma questo divario non altera punto il calcolo del calore che diventa sensibile nella combustione del ferro: perchè l' errore nella determinazione del calore contenuto nell' aria combinata resta compensato da un errore contrario nella determinazion del calore contenuto nella calce.

lore dell' aria pura starà a quello dell' aria combinata come 11, 1 ad 1, 0 come 36, 4 a 3, 28; il calor poi dell' aria combinata a quello del ferro come 3, 28 ad 1. La capacità della calce di ferro sta a quella del ferro prossimamente come 2 ad 1.

Ponendo adunque la capacità dell' aria pura in istato libero ed elastico 36, 4 e quella dell' aria combinata 3, 28 segue dalla Proposizione III. Coroll. I. che se tutto il calore separato dall' aria restasse assorbito dalla calce, la quantità di ferro che si calcina starebbe alla quantità dell' aria che viene assorbita nella calcinazione, come sta la differenza tra le capacità dell' aria libera e dell' aria combinata, alla differenza tra le capacità del ferro e della sua calce.

La quantità dell' aria contenuta nella calce essendo un terzo del totale, ne segue che la quantità del ferro che rimane alterata nel processo della calcinazione sta a quella dell' aria come 2 ad 1: la differenza poi tra le capacità dell' aria pura e dell' aria combinata è 36, 4 meno 3, 28; ossia 33, 12. Dunque se il calore che si svolge dall' aria venisse interamente assorbito, sarebbe come 2 ad 1, così 33, 12 alla differenza tra le capacità del ferro e della sua calce. Quindi l' eccesso della capacità della calce sopra quella del ferro risulterebbe 16, 56; ed esprimendo coll' unità la quantità di calore contenuta nel ferro, la capacità della calce starebbe a quella del ferro come 17, 56 ad 1. Ma essa è soltanto come 2 ad 1. Dunque il calore che divien ridondante durante

la calcinazione del ferro sta al calor primitivo del ferro stesso come 15, 56 ad 1; e sta a quel della calce come 15, 56 a 2, o come 7, 78 ad 1.

V. Abbiam veduto che i corpi alla comune temperatura dell' atmosfera contengono almeno gr. 1500 di calore. Adunque nella combustione del ferro divien ridondante tal copia di calore che basterebbe ad alzar la temperatura della calce di gradi 1500 X 7, 78 ossia di gr. 11670.

Quindi si spiega la scintilla che scoppia alla percossa dell' acciajo contro la selce. L' urto della selce svelle una tenuissima molecola d' acciajo. Questa molecola resta alterata per modo che viene a rendersi capace di assorbire una porzion d' aria pura. Sul momento l' aria alterata svolge tal copia di fuoco elementare che arroventisce la molecola d' acciajo, e così vien prodotta la scintilla.

E' difficile lo stabilire per qual modo precisamente operi l' urto della selce sulla particella metallica così che la renda suscettibile di combinarsi coll' aria. Ma il fatto è certo: raccogliendo gli sparsi frammenti del metallo scosso e calcinato così, la massima parte trovasi ridotta in una cenere, o in un etiope marziale, il quale com' è noto contiene un terzo del suo peso d' aria; il rimanente sembra vetrificato.

Il calcolo precedente ne assicura che l' aria combinata per tal modo colla scaglia staccata del metallo deve, mentre ne resta assorbita, sviluppar tanto calore che basterebbe ad alzar la particella calcinata di gr. 11670.

Che

Che questo fenomeno nasca dall' indicata cagione, il confermano le sperienze di *Lane* su quest' argomento ; egli trovò che la selce percotendo l' acciajo nel vacuo non ne trae scintilla veruna. Piccola porzion d' aria pura basta però ad ottenere l' effetto: *Kirwan* ha trovato eccitarsi la scintilla dall' acciajo battuto dalla selce sotto l' acqua comune di fonte.

VI. Dal sin quì detto si ravvisa che i fenomeni più interessanti relativi alla combustione spiegansi facilmente adottando il dimostrato principio che il calore che si sviluppa nella combustione derivi dall' aria. Parte di questo calore viene assorbita dagli elementi ne' quali il corpo combustibile resta sciolto; il rimanente divien ridondante, e rendesi calor sensibile. La quantità di fuoco sviluppata sarà dunque in proporzione della quantità d' aria alterata in un dato tempo: e il grado del calor sensibile prodotto sarà maggiore o minore, conforme sarà minore o maggiore quella parte di fuoco elementare, che resta come ho detto assorbita.

Così nell' infiammazione dell' alcool e del solfo, una gran parte del fuoco provegnente dall' aria resta assorbita dal vapore acqueo, e dal sulfureo; egli è perciò che l' alcool e il solfo bruciano con fiamma smorta, e languente. Per lo contrario que' corpi infiammabili che bruciano svolgendo poco vapore, ovvero un vapore meno suscettibile d' assorbir del calore, come sono il carbon fossile, l' olio, la cera, il fosforo bruciano con fiamma forte e vivace; poichè in tal caso la massima parte

del fuoco provegnente dall'aria svolgesi in calor sensibile.

VII. Il vapore dell'acido nitroso puro contiene probabilmente tanto calore assoluto quanto ne contiene l'aria atmosferica; perchè hanno entrambi questi gas incirca ugual facoltà di servire alla combustione. Quindi si spiega l'accensione spontanea della mistura dell'olio di trementina coll'acido nitroso.

Quando l'acido nitroso si versa sull'olio di trementina, il principio infiammabile si separa dall'olio, e si combina coll'acido; l'acido è costretto a svolger parte del suo calore assoluto: una parte di questo calore viene assorbita dalla base dell'olio, il resto si sviluppa in calor sensibile. Se il calor sensibile monta ad un certo grado, l'acido si convertirà in vapore, e questo vapore si combinerà tosto col principio infiammabile dell'olio; quindi nuova quantità di fuoco elementare resterà svolta, e il tutto detonerà con viva fiamma e con intenso calore. Questa esplosione ha luogo nel vacuo del pari che nell'aria libera, perchè il vapore acido nitroso è capace di mantenere la fiamma.

VIII. Nella deflagrazione del nitro l'acido resta convertito in vapore; questo vapore si combina all'istante col principio infiammabile del carbone, il fuoco rapidamente si sviluppa, svolgesi tutto ad un colpo un fluido elastico, e scoppia una strepitosa detonazione.

IX. Il calore che si sveglia nella miscela dell'aria nitrosa coll'aria pura spiegasi per gli stessi principj;

cipj; poichè le capacità di questi due gas scemano nella loro combinazione.

Per determinare la quantità del calore prodotto nella miscela dell' aria pura coll' aria nitrosa, ho fatto il seguente tentativo. Nel vaso d' ottone *G K* (*Tav. II. fig.* 4.) ho inserito tre tubi. Il primo metteva ad una tromba pneumatica. All' estremità del secondo era fissata a vite una vescica contenente aria deflogisticata; a quella del terzo una simil vescica contenente aria nitrosa: la comunicazione fra l' aria delle vesciche e quella del vaso era intercetta da robinetti. Introdussi allora il vaso d' ottone dentro l' altro di latta *A D* (*fig.* 5.) e lo circondai tutto d' acqua; indi, esaurita prima l' aria atmosferica mediante la tromba pneumatica, si lasciò entrare l' aria deflogisticata e la nitrosa. Da diverse prove risultò che il calore prodotto dal mescolare due parti d' aria nitrosa con una parte d' aria deflogisticata era circa la metà del calore prodotto dall' abbruciare insieme l' aria deflogisticata e l' aria infiammabile incirca nella stessa proporzione. Al termine delle sperienze fatte coll' aria pura e l' aria nitrosa, trovossi rimaner nel vaso un fluido elastico che usciva in forma di fumo, e che putiva forte d' acido nitroso. E' probabile che questo vapore contenga tuttavia molto calore; e ciò farebbe palese il motivo per cui men calore si produce nell' unione di questi due gas, che non in quella dell' aria deflogisticata coll' aria infiammabile.

X. Questa Teoria spiega parimente il calore prodotto dalla scintilla elettrica. *Priestley* ha provato

to che la scintilla elettrica diminuisce l' aria comune, e la rende inetta a mantenere la fiamma: e sappiamo già che l'aria, quando si altera così, svolge una parte del suo calore assoluto. Non è però forse questa la sola cagione del calore eccitato dalla scintilla elettrica: la scintilla dà un urto gagliardo al corpo in cui essa entra, e noi sappiamo che l' urto e lo scuotimento produce calore anche nel vuoto. Se gran copia di materia elettrica svolgasi improvvisamente da una nube o dalla terra, attraversando l' aria essa ne svilupperà una proporzionata quantità di fuoco: quindi i subitanei alzamenti del termometro ne' temporali accompagnati da tuono e da lampi.

XI. I fenomeni del terremoto s' imitano col sotterrare una miscela di limatura di ferro, e di solfo impastata coll' acqua. Il calore prodotto da questa miscela non potrebbe per avventura spiegarsi nel modo seguente?

Quando la limatura di ferro ed il solfo si mescolan fra loro, e s' inumidiscono, si producono in queste sostanze de' cangiamenti analoghi a quelli che hanno luogo quando le medesime bruciano all' aria aperta. Il solfo si converte in un acido, il ferro in calce. Quest' acido, e questa calce si combinano con una certa quantità d' aria o d' acqua, ond' è che crescon di peso notabilmente. Il principio che si combina così colla calce e coll' acido, dee provenire o dall' aria comune sparsa fra pori della terra, o dall' acqua che bagna il ferro ed il solfo. Quest' ultima origine sembra la più probabile, perchè l' aria comune colla

quale

quale il ferro ed il solfo si trovano in contatto, è sì poca che non sembra bastante a somministrar loro tutto quel fluido che essi attraggono, e col quale si combinano.

Allorchè dunque il ferro ed il solfo s'impastan coll' acqua, è probabile che parte dell' acqua si combini con queste sostanze (V. *Kirwan* Saggio sul flogisto pag. 102.) or questa combinazione non può non essere accompagnata da copioso sviluppo di calor sensibile: poichè il calore assoluto che si contiene nel fluido combinato colla calce e coll' acido, è molto minore di quello che si contiene nell' acqua nel suo stato libero, siccome apparisce dal confronto della quantità di calore esistente nell' acqua con quella che esiste nell' acido vitriolico, e nelle calci metalliche. Dunque quella parte dell' acqua che s' unisce all' acido ed alla calce, scema notabilmente in capacità. Quindi un abbondante evoluzione di fuoco elementare; contemporaneamente il resto dell' acqua verrà sollevato in vapori; il loro sviluppo desterà una scossa accompagnata da strepito, e da prorompimento di fiamma, rappresentante assai bene i fenomeni del terremoto.

E non potrebbe egli darsi che una somigliante miscela di sostanze sulfuree e metalliche accadesse entro le viscere della terra nelle tante vicende che le sconvolgono? Che questa miscela venisse in contatto coll' acqua sparsa per entro la terra, o accolta nelle cavità sotterranee? Ed allora non avrebber forse luogo i cangiamenti medesimi che ravvisiamo nella miscela del solfo colla limatura di ferro?

ferro? Si svolgerà dunque allora un ampia dose di fuoco, ed un fluido elastico si sprigionerà, la cui repentina espansione scuoterà le viscere della terra, finchè non siasi aperto uno sfogo attraverso gli strati sovrapposti.

XII. Se nelle cavità ove ardono i fuochi sotterranei trovisi adunata ed accolta gran copia di materia infiammabile, e se questa materia sia accessibile all' aria atmosferica, o ad altre sostanze che riscaldate svolgono un gas valevole a mantenere la fiamma, l' accensione potrà crescere a dismisura, e i rarefatti vapori salendo in alto trarran seco molta materia combustibile accesa ed infocata. La quale venendo in contatto coll' aria aperta scaricherà in essa il principio infiammabile; e quindi sempre più avvivata la fiamma stenderassi a lunghi tratti per l' aria. A questa guisa potremo intender la ragion de' Vulcani, grandiosi spettacoli ed esempj di combustione che la natura ci presenta nel regno fossile *.

XIII. Da' principj elementari della terra, dell' aria, e dell' acqua risultano i vegetabili, composti e per così dir lavorati coll' ajuto del calore, e della umidità; l' azion della luce solare fa che i principj costitutivi de' vegetabili si combinino intimamente coll' aria infiammabile, e li costringe così a spogliarsi in parte del loro calore assoluto. Quest' aria infiammabile nella combustione resta poi staccata a forza dalla base vegetabile, e combinata colla porzion più pura dell' aria atmosferica:

* L' esposta Teoria spiega pur facilmente il calore prodotto nella fermentazione, e nella putrefazione.

ca: così si mantengono i fuochi artificiali tanto necessarj agli usi della vita. Per simil guisa le facoltà vitali dell' animale svelgono il principio infiammabile dal sangue e lo scarican nell' aria, onde resta assorbita una copia grande di fuoco tratta dall' aria stessa, e si comunica il vivifico calore al regno animale.

L' aria contaminata dalla combustione e dalla respirazione viene poi nuovamente depurata dall' azion della luce sulle foglie e sui gambi de' vegetabili; e così la vegetazione restituisce all' aria il calore toltone ne' processi della respirazione e della combustione. Così il fuoco elementare col veicolo dell' aria pura circola con un giro perenne dal regno animale al vegetabile, e da questo a quello.

XIV. Abbiam veduto che la quantità d' aria che un animale flogistica in un ambiente caldo è minore di quella ch' esso flogistica in un ambiente freddo. Quindi nelle regioni frapposte ai tropici l' aria in pari circostanze sarà meno corrotta dalla respirazione degli animali di quel che sia nelle temperate zone e nelle fredde. E questo divario tra il guasto cagionato nell' aria dalla respirazione ne' climi caldi e ne' freddi, ne apparirà assai vistoso se rifletteremo che la flogisticazione d' una data quantità d' aria operata da un animale alla temperatura 50 trovasi doppia della flogisticazione operata nello stesso tempo e dallo stesso animale alla temperatura 100. Così in quelle parti del globo ove la depravazion dell' aria è maggiore per l' influenza del caldo sopra gli animali

mali morti, l' aria medesima in contraccambio riceve minor detrimento dalla respirazione de' viventi. Oltre di che la vegetazione più lussureggiante e più vigorosa fra i tropici, e la luce solare più viva, tutto contribuisce a riparar prontamente il consumo d' aria pura cagionato dalla putrefazione.

Son questi i mezzi ammirabili onde il grande Autore della Natura si serve a mantenere nell' atmosfera un grado uniforme di purezza e di respirabilità. Forse che allo stesso intento concorrono ancora molte altre cagioni: certo le osservazioni fatte sullo stato dell' aria in diverse parti del globo ne convincono che le cagioni tendenti a contaminare e a depurare a vicenda quest' elemento, al pari di quelle cagioni che mantengono l' equilibrata distribuzion del calore nel regno animale, sono fra loro compensate e contrapposte con ordine maraviglioso.

XV. Per la stessa legge dello sviluppo e dell' assorbimento del calore l' Autor della Natura ha provveduto ancora contro gl' inconvenienti del troppo rapido passaggio dal calore al freddo o viceversa.

Se nel processo della congelazione non si sviluppasse del calore, tutte l' acque esposte all' influenza dell' atmosfera; al momento che l' atmosfera calasse in temperatura sotto i gr. 32, si congelerebbero tosto: e durante la congelazione, il raffreddamento seguirebbe ad avanzar così rapidamente come avanzavasi prima che l' aria giungesse alla temperatura del gelo.

Ciò

Ciò rendesi manifesto da quel che abbiam detto altrove intorno alla durata della congelazione di diversi fluidi: se le velocità colle quali ne parte il calore fossero eguali, le durate o tempi della congelazione sarebbero proporzionali alle quantità di calore che i fluidi nell' agghiacciarsi avessero sviluppate dal loro interno. Onde segue che se non si sviluppasse calore alcuno, la congelazione sarebbe istantanea.

Ma nella presente disposizion delle cose, tostochè l' atmosfera è calata sotto 32, cominciano le acque ad agghiacciare, e nello stesso tempo a sviluppar del calore: e in conseguenza qualunque possa essere il freddo dell' aria esterna, la massa mentre agghiaccia resta sempre a 32, finchè tutta non è consolidata *. E siccome la quantità di calore che si sviluppa nella congelazione è considerabile, così nelle grandi masse il progresso dell' agghiacciamento è lentissimo.

Quindi ne' climi estremi del nord e del sud all' avvicinarsi dell' inverno svolgesi dalle acque una quantità di fuoco elementare proporzionata al grado di freddo che incrudisce nell' atmosfera. Ne resta mitigato il rigore della stagione, e rallentato l' avanzamento del verno; e forse che nell' intervallo di questo ritardo le varie specie degli animali e de' vegetabili che abitan quelle regioni circumpolari acquistano gradatamente la disposizione

* Che l' assorbimento e lo sviluppo del calore nello squagliarsi e congelarsi che fanno i corpi influisca a rendere queste operazioni più lente, è osservazione fatta anche da *Wilke* nel suo Saggio sul Calor Latente. *Black* nelle sue Lezioni ha insegnato egli pure la stessa dottrina.

zione e la facoltà di resistere al rigore estremo del freddo.

Dall' altra parte se nello squagliarsi del ghiaccio non venisse assorbita e renduta latente gran quantità di calore, il ghiaccio appena esposto ad una temperatura superiore a 32 si scioglierebbe tosto, e il riscaldamento dell' atmosfera s' avanzarebbe con uniforme rapidità. Se così andasser le cose, le masse enormi di neve e di ghiaccio ammucchiate nelle zone fredde, all' entrar della state si squaglierebber tutte ad un tratto, ed irreparabili inondazioni sommergerebbero ogni anno le regioni vicine ai poli.

Ma per la legge provvidissima dell' assorbimento del calore avviene che quando la neve ed il ghiaccio sull' entrar della primavera giungono alla temperatura 32, cominciano a squagliarsi, e cominciano insieme ad assorbir del calore. In questo una copia abbondante di calore rendesi latente ed insensibile; così la terra viene riscaldata poco a poco, e si dà luogo a quei regolati e successivi cangiamenti che sono essenziali alla preservazione della vita animale e della vegetabile.

XVI. Per ultimo ci faremo ad osservare che questa legge non solamente previene i troppo precipitosi cangiamenti di temperatura, ma contribuisce altresì, a render più equabile la distribuzion del calore fra le diverse parti del globo, in stagioni e climi diversi. Il calor diurno è temprato dall' evaporazion che si fa alla superficie della terra; al momento che i vapori s' inalzano, assorbiscono ed estinguono parte del fuoco comunicato

nicato dai raggi solari. Al sopravvenir della notte i vapori si condensano, e cadendo in forma di rugiada restituiscono all'aria ed al suolo il calore che avevano assorbito nel giorno.

Nelle regioni vicine ai poli, siccome abbiam già osservato, correndo la primavera e la state si prepara un opportuna dose di calore a temprare a suo tempo il rigor de' freddi invernali; squagliandosi il ghiaccio e la neve l'acqua assorbisce molto fuoco elementare, e lo tiene per così dire in deposito ed in riserva per restituirlo opportunamente al ritorno della gelata stagione, e mitigarne l'acerbità.

Le sperienze di *Hales*, di *Halley*, e di *Watson* ci dimostrano che l'azion de' raggi solari induce in tutte le regioni che ne sono illuminate una continua e copiosa evaporazione dell'acqua. Ora la celebre scoperta di *Black* prova che nel processo dell'evaporazione resta assorbito molto fuoco elementare. E' troppo chiara la somma efficacia di questa cagione a moderare l'attività del calore nella zona torrida, e generalmente a promuovere una distribuzion meno diseguale del calore per tutta la terra. Quel calore fortissimo che l'azion de' raggi solari accende ne' paesi situati fra' Tropici, viene in molta parte assorbito dai vapori acquei, i quali adunati in nuvole stendonsi a guisa d'un padiglione sopra l'orizzonte a coprir le sottoposte regioni e a difenderle dai raggi diretti del Sole. Così una gran quantità di fuoco elementare rendesi insensibile nella zona torrida, ed insieme coi vapori dispersa vien portata

verso il Nord, o verso il Sud, ove a poco a poco si scarica sulla terra a misura che i vapori si condensano.

La Teoria che abbiamo sin quì proposta del Calore Animale e della Combustione risulta da questa proposizion generale, che l'aggiunta d'una stessa quantità di calore produce diversi cambiamenti nella temperatura di diversi corpi: ossia che essendo eguali le masse, quella quantità di calore che alza la temperatura d'un corpo d'un certo numero di gradi, alzerà la temperatura d'un altro corpo di più gradi, o di meno, secondo la natura di questo corpo medesimo. Questa proposizione è pienamente avverata dalla sperienza: e però sembrami che le conseguenze che se ne traggono non sien legate con veruna ipotesi intorno la natura del calore.

Egli è perciò che io non ho voluto entrar nella quistione tanto agitata tra i fisici Francesi, Inglesi, e Tedeschi, se il calore sia una *sostanza*, o piuttosto una *qualità*. E' vero che *in alcuni luoghi* ho usate tali espressioni che sembrano adattarsi alla prima di queste ipotesi. Ma l'unico motivo che mi ha indotto ad usare tal maniera di esprimermi, fu perchè essa parvemi più semplice, più naturale, e più conforme ai fenomeni che la sperienza ci presenta. Diró anche che io son persuaso non esser sì facile rispetto à molti fenomeni l'accordarli colla supposizione che il calore sia una qualità. In quest'ipotesi si stenterà ad intendere come possa il calore venire assorbito nei processi della fusione, dell'evaporazione, della com-

bus-

bustione: come la quantità di calore esistente nell' aria scemi nel processo della respirazione, e cresca quella del sangue, senza che però si produca nè calor nè freddo sensibile.

Laddove se noi adottiam l' opinione che il calore sia una sostanza particolare, un fluido *sui generis*, si troverà che i fenomeni ammettono una piana e naturale spiegazione. Il fuoco in questa ipotesi riguardasi come un principio elementare sparso a diverse dosi pe' varj regni della natura. Il modo col quale esso sta unito ai corpi è analogo a quella specie particolare di chimica unione, nella quale gli elementi trovansi fra loro combinati per le forze congiunte di pressione, e d' attrazione. Tale si è la combinazione dell' aria fissa coll' acqua; l' aria fissa è ritenuta entro l' acqua parte dalla sua attrazione per l' acqua, e parte dalla pressione dell' aria esterna: se l' una o l' altra di queste forze viene a scemare, una porzion d' aria fissa si svolge, e fugge via. Per simil guisa si può intendere trattenuto ne' corpi il calore parte dall' attrazione che ha per essi, e parte dall' azion del calore esistente ne' corpi contigui: e perciò si potrà fare che una porzion di questo calore resti sviluppata ed espulsa, o coll' indebolire la forza d' attrazione, o col ribassare la temperatura dell' ambiente. Volendo adottare questa spiegazione dovrem dire che per le alterazioni che l' aria ed il sangue subiscono nella respirazione, l' attrazione dell' aria col calore resta indebolita, e l' attrazion del sangue col calore viene al contrario accresciuta; perciò passa il ca-

lore dall' aria al sangue. E similmente dovrem dire che nella combustione il fuoco viene staccato dall' aria per l' azione del principio infiammabile, alla stessa guisa che l' acido nitroso viene staccato da una terra o da un alcali per l' azion dell' acido vitriolico.

Volendo per altro riconoscere il fuoco come una sostanza soggetta alle leggi d' affinità, conviene osservare che la natura della sua unione coi corpi sembra diversa da quella che ha luogo nelle chimiche combinazioni. In queste gli elementi combinati acquistano nuove proprietà, e perdono in tutto o in parte, quelle che li caratterizzavan da prima. Laddove per quanto io credo aver di sopra mostrato, noi non abbiamo prove sicure onde argomentare che il fuoco nell' unirsi ai corpi perda in verun caso le sue proprietà distintive.

Mi resta per ultimo ad avvertire che potrebbe formarsi una Tavola che presentasse le quantità comparative di fuoco esistenti in tutti i corpi conosciuti. Alla testa di questa Tavola collocar si dovrebbe l' aria infiammabile, indi l' aria deflogisticata, l' aria atmosferica, il vapor dell' acido nitroso e probabilmente di qualche altro fluido, poi il sangue arterioso, l' acqua ec. *.

Ma molto manca tuttora ad una piena e perfetta cognizione di questa materia, e non dobbiamo aspettarne il compimento che da una lunga serie di esattissimi esperimenti. Pochi per altro sono gli argomenti che più di questo sien degni dell' attenzione e dello studio dei fisici. L' equabile

* V. l' Appendice al num. X.

bile distribuzion del calore è dell' estrema importanza alla sanità ed alla vita degli animali. La ricerca pertanto delle cagioni che ne mantengono o ne sconvolgono l' equilibrio nell' economia animale potrebbe forse condurci ad utili scoperte nell' arte di prevenire e di curare le malattie. Molte fra le arti chimiche esigono essenzialmente un delicato e preciso regolamento del calore. E' ragionevole la lusinga che il perfezionamento della Teoria seco tragga il miglioramento di queste arti utili, e l' aumento e la moltiplicazione dei comodi della vita.

L' avanzamento di questo bel ramo di fisica contribuisce più che altra cosa ad estendere il giro delle nostre cognizioni intorno al sistema generale della natura: poichè nella serie delle cagioni conservatrici dell' universo, non è dubbio che l' azion del fuoco elementare tiene una parte precipua ed interessante. Siccome la legge della gravità combinata colla forza di proiezione regola i movimenti di quelle masse enormi che compongono il sistema planetario; così la forza repulsiva del fuoco combinata coll' attrazione de' corpuscoli agisce sulle minime particelle terrestri, e forse su tutte quelle dell' universo, e le tiene in un perpetuo avvicendamento di moti. Non è a dubitare che i progressi della Chimica scopriranno un giorno nella reciproca azione delle minime particelle de' corpi quello stesso squisito artificio, che già i progressi della Filosofia Naturale ci hanno a quest' ora svelato nel sistema planetario.

Aggiungerò per ultimo che siffatte meditazioni

e ricerche influiscono direttamente sul carattere morale dell'uomo. Questo è ciò veramente che ne forma il pregio più reale: qualunque altro vantaggio che un potesse promettersi dalla coltivazione degli studj naturali, se è scompagnato da un corrispondente avanzamento nel carattere morale, merita appena d'esser considerato come un bene. Poco è per noi il poter procacciarci i mezzi di soddisfare a' nostri desiderj, se allo stesso tempo non prendiam l'abitudine di regolarli. Sarà egli un bene la forza per chi la volge all'oppression de' suoi simili? la sanità per chi ne fa uno strumento di corruzione? la scienza medesima per chi ne usa al prestigio e alla seduzione?

Ora la contemplazion della natura è in particolar modo opportuna a dirigerci nell'arte la più importante di tutte, l'arte di ben vivere. A qualunque altezza ci sia dato di sollevarci nel seguire la sublime traccia delle cagioni regolatrici dell'universo, la nostra mente dee finalmente arrestarsi in quell'Essere supremo, in quella prima cagione, da cui tutta la bellezza, tutto l'ordine, e tutta deriva la sapienza, e la potenza che si ravvisa e risplende nell'universo. Ogni passo che inoltriamo nella coltivazione delle scienze naturali sempre più rafferma questa gran verità: perchè ne dà una prova di più dello squisito artificio e consiglio che regna nella formazione del mondo.

Ora svelandoci così il Creatore nelle sue opere, la contemplazion della natura conduce a delle conseguenze che interessano al maggior segno

un

un Essere intelligente e morale. Veggiamo attorno di noi ogni parte del mondo materiale governata da leggi universali ed immutabili: riflettendo adunque che in questo sistema di cose esiste una classe di Esseri, ai quali l'Autor della natura ha fatto parte della sua intelligenza ed attività, non possiamo a meno di non inferirne che debbon esservi leggi stabilite pel regolamento di questi Esseri, come ve ne sono per ogni altra parte dell'universo. Ed invero un attenta riflessione alla natura dell'uomo ne segna chiaramente la mano suprema prescrivente leggi al mondo intellettuale non meno che al materiale: ne' sentimenti, e nei giudizj naturali dello spirito umano scorgiamo tracce evidenti d'una legge morale anteriore a tutte le istituzioni positive, e però impressa nel cuor degli uomini dall' Autore stesso della Natura.

Di più nel contemplare il grandioso piano dell' universo noi veggiamo che tutto è congiunto in un solo amplissimo sistema; che una catena non interrotta lega le varie classi degli Esseri; che nulla nella natura non è isolato; che il passato ha servito al presente, il presente servirà al futuro; in somma che tutto tende al compimento d'un gran disegno, a cui è diretta l'intera succession degli eventi fin dalla prima creazion delle cose, e che probabilmente non sarà adempiuto, finchè l'aspetto presente delle cose non abbia fine col discioglimento del mondo materiale.

Se paragoniamo fra loro le varie classi degli Esseri che cadono sotto la nostra osservazione, di

leggeri comprenderemo che gli Esseri intelligenti e morali tengono il grado più sublime: perciò fra tutte le leggi che regolano il sistema della natura, quelle sono le più importanti che sono state stabilite all' oggetto di mantener l' ordine e l' armonia nel mondo intellettuale.

Così nel rintracciar le cagioni finali di questo sistema mondano nulla non si presenta di più sublime, nè di più degno d' una mente perfettissima, che il considerare quest' universo come formato all' oggetto di render felici gli Esseri sensibili, per la strada della sapienza e della virtù.

E in vero la ragion nostra concorre colla rivelazione ad assicurarci che lo scopo primario della creazione è il conseguimento della perfezione morale. Egli è questo che dà al tutto unità, grandezza, perfezione. Noi veggiamo sacrificarsi tutto dì a questo fine molta parte della nostra presente felicità; veggiamo che se ne va in cerca malgrado i pericoli, le difficoltà, le traversie; che questo fine s' ottiene pur talvolta per mezzo degli sconvolgimenti che sconcertan l' aspetto della natura, e che si traggon dietro desolazioni e ruine. In somma abbiam motivo di credere che il perfezionamento morale dell' uomo è lo scopo ultimo a cui tendono tutti i movimenti di questo grandioso sistema; a questo oggetto ha mirato l' Autor della Natura nella creazione di questo mondo materiale; a questo pur mirerà nel discioglimento del medesimo.

L' influenza di siffatte speculazioni a migliorare il carattere morale dell' uomo è evidente. In

una

una età illuminata lo stato della morale fra gli uomini dipende principalmente dall' impulso che si dà agli sforzi ed agli sviluppi del genio e dell' intelletto. Se questi si rivolgono ad oggetti utili ed interessanti, soprattutto a quelli che estendono e sollevano la mente, saranno virtuosi i costumi del popolo; se al contrario, saranno corrotti. Nella coltivazione degli' studj naturali le facoltà intellettuali dell' uomo sono dirette ad investigare le leggi che regolano il corso della natura, e a riferirle alla loro prima cagione: or nulla di più conducente a sollevar l' animo nostro, quanto siffatte ricerche che hanno termine a quell' Essere augusto, cagion primaria dell' esistenza e del moto nel mondo materiale, ed a cui le varie classi degli Esseri intelligenti e sensibili han relazione come a lor Creatore, loro Legislatore, e loro Giudice.

APPENDICE.

I.

Potrebbe taluno per avventura sospettare che le differenze tra i calori comunicati dall' aria pura e dall' aria comune nelle mie sperienze, fosser troppo piccole per poter esser abbastanza accertate. Credo perciò opportuno l' aggiungere che ho ripetute queste sperienze, usando di termometri ne' quali ogni grado della scala di Farhenheit era diviso in cinquanta parti uguali. Per trattenere il dissipamento del calore, ognuno de' vasi di latta *GH*, *IK* (*Tav. II. fig.* 1.) fu posto in altro vaso di latta che lo sorpassava in ampiezza di circa un pollice, e il vuoto intermedio fu stivato di piuma. Le bocche de' vasi interni erano ben turate da coperchi foderati di grossa fanella. I termometri erano inseriti ne' vasi a tale profondità che i loro bulbi giungevano poco più basso del centro. Di più si trovò modo d' agitar l' acqua lasciando coperti i vasi, e i coperchi eran formati in guisa da potersi adattare ai vasi dopo l' immersion de' cilindri.

A far prova dell' esattezza di quest' apparato s' introdussero eguali quantità d' aria comune ne' due cilindri. Questi cilindri si riscaldarono come alla pag. 133. Furon poscia tuffati ne' vasi di latta, contenenti quantità eguali d' acqua alla temperatura dell' ambiente, e le bocche de' vasi furon

ron tosto chiuse onde escludere l' aria esterna. Lasciati ivi dentro per 12 minuti furono indi levati; i vasi nuovamente coperti; l' acqua agitata; e si osservarono con diligenza i calori comunicati.

Si ripetè assai volte quest' esperimento coll' aria comune in entrambi i cilindri, e il divario ne' risultati de' diversi esperimenti non fu che due gradi di que' termometri, vale a dire due cinquantesimi d' un grado di Farhenheit.

Allora s' introdusse aria deflogisticata in un de' cilindri, aria comune nell' altro; e si trovò che quando la prima era della qualità di quella che servì alla Sperienza II. pag. 136. l' eccesso del calore comunicato dalla medesima sopra il calore comunicato dall' aria comune era di 8 gradi; e quando s' adoprava aria deflogisticata più pura, l' eccesso montava a 13 gradi *.

L' agitazione dell' acqua era essenziale al successo della Sperienza: poichè quantunque il calibro de' termometri fosse sottilissimo, nondimeno per avere un ampia scala convenne fare i bulbi di considerabil grandezza. Quindi allorchè uno di questi strumenti s' immergeva in acqua che lo sorpassasse in temperatura di 3 o di 4 gradi, se l' acqua lasciavasi riposare, scorreva un intervallo d' alcuni minuti prima che il termometro ne

* I risultati di queste sperienze convengono assai prossimamente con gli altri ottenuti ed esposti quì sopra a pag. 136. In quelli la differenza in favore dell' aria deflogisticata fu 0, 2 di Farh. Ora otto gradi segnati dal termometro da me usato in questi ultimi tentativi fanno appunto 0, 2 di Farh. meno 0, 04.

ne prendesse l'esatta temperatura; ma se blandamente agitavasi, il termometro ne prendeva la temperatura in meno di mezzo minuto.

Le divisioni di questi termometri eran marcate sopra sottili lastre di rame fissate a delle tavolette di legno. I gradi si rendettero meglio distinguibili col tingere in nero la porzion del tubo che era in contatto con la scala: utile miglioramento suggeritomi dal mio dotto amico *B. Vaughan*.

II.

La proposizione enunziata alla pag. 63. che le quantità comparative di calore *assoluto* ne' corpi, sono reciprocamente proporzionali ai cangiamenti che si manifestano ne' lor calori *sensibili* quando si mescolan fra di loro a diverse temperature, si può dimostrar geometricamente così. Siano *abcd*, *efgh* (*Tav. III. fig.* 3. *e* 4.) le quantità di calore contenute in eguali pesi di due corpi eterogenei *A*, *B* aventi la medesima temperatura. Le rette eguali *dc*, *ef* esprimano le temperature, e le diseguali *ad*, *eh* esprimano le capacità. Si alzi *B* a una temperatura più alta di *A*: quest' accrescimento di temperatura sia espresso dalla retta *ek*; l'aumento del suo calore assoluto sarà espresso dalla figura *kg*. Si mescolino ora insieme i due corpi, e ridotti che siano ad una temperatura comune, supponghiamo che la diminuzion di temperatura del corpo *B* sia espressa dalla retta *ki*, e l'accrescimento del corpo *A* dalla retta *do*. Io dico che *do* e *ki* saranno recipro-

ciprocamente proporzionali alle quantità di calore assoluto che si troveranno in A, e in B, ridotti che siano alla temperatura comune.

Difatti km esprime la quantità di calore assoluto perduta dal corpo B; ed nd la quantità di calore guadagnata dal corpo A. Dunque $nd = km$, e però $ki : od :: no : im$. Ma siccome le figure nc ed ig hanno la medesima altezza, sarà $no : im :: nc : ig$. Dunque $nc : ig :: ki : od$. Che è dire le quantità di calore assoluto esistenti ne' corpi A, B ridotti alla medesima temperatura, sono reciprocamente proporzionali alle variazioni manifestate ne' lor calori sensibili all'atto della mescolanza.

I calori comparativi esprimono le quantità di calore assoluto, quando i pesi e le temperature sono eguali. Vedi la definizione alla pag. 2. Poichè dunque A, B hanno eguali pesi ed eguali temperature, segue che nc ed ig possono aversi per espressioni de' calori comparativi.

Quindi se i calori comparativi de' corpi A, B si chiamino respettivamente C, c; e la variazion di temperatura del primo chiamisi x, e quella del secondo y, sarà $C : c :: y : x$ onde $C = \frac{cy}{x}$.

Quest' equazione serve a calcolare i calori comparativi de' corpi, quando vengono mescolati a masse uguali.

Se le masse saranno disuguali, converrà trovare un altra equazione. Le capacità sono proporzionali ai calori comparativi. Vedi la definizione a pag. 5. Sia dunque la capacità o il calor com-

para-

parativo C, la temperatura T, il calore assoluto A, la massa Q. Abbiam detto a pag. 8 che se Q sia dato e costante, A sarà proporzionale a $C.T.$ Se C, e T siano costanti, A sarà proporzionale a Q; cioè se siano eguali le capacità e le temperature, le quantità di calore assoluto saranno come le masse: ciò apparisce dalle riflessioni fatte alla pag. 12. Variando dunque le capacità, le temperature, e le masse, cioè variando insieme C, T, e Q, sarà A proporzionale a $C.T.Q.$ Quindi C proporzionale ad $\frac{A}{TQ}$ e se A sarà costante, sarà C reciprocamente proporzionale a TQ. Cioè se le quantità di calore assoluto saranno eguali, saranno le capacità reciprocamente proporzionali alle temperature moltiplicate per le masse.

Siano dunque le capacità de' due corpi A, B rispettivamente C, c; le masse o quantità di materia q, Q; le temperature T, t. Sarà $C : c :: Qt : qT$, onde $C = \frac{cQt}{qT}$.

Si osservi che siccome le capacità si suppongono adesso permanenti, t e T esprimono generalmente le variazioni di temperatura prodotte dalla perdita e dall' acquisto di eguali quantità di fuoco: giacchè queste variazioni moltiplicate per le rispettive masse saranno sempre reciprocamente proporzionali alle capacità. E siccome nella miscela che si fa di due corpi a diverse temperature, la perdita di fuoco che fa il corpo più caldo è sempre uguale all' acquisto che fa il più fred-

freddo, così t e T esprimono le variazioni di temperatura prodotte rispettivamente da questa perdita, e da quest' acquisto. Perciò t e T equivalgono ad y ed x dell' equazion precedente, e quindi $C = \frac{c\,Q\,y}{q\,x}$. Quest' equazione può servire a calcolare i calori comparativi quando si fa la mescolanza di masse diseguali.

Passiamo a rintracciare un equazione per calcolare l' infimo grado del calore. Rappresenti $e\,b$ (*Tav. III. fig.* 5) la total quantità di fuoco contenuta in un corpo A, sia $e\,g$ la di lui capacità, ed $e\,f$ la temperatura contata dal punto infimo. Supponghiamo che questo corpo soggiaccia ad una diminuzione di capacità in grazia d' un alterazione della sua forma. Dopo questo cangiamento, sia la sua capacità divenuta $d\,a$, la sua temperatura sarà $d\,c$; e la quantità di fuoco ch' esso contiene $d\,b$. Supponghiam questo corpo totalmente isolato, e separato da qualunque altra sostanza che potesse comunicargli del fuoco elementare o levargliene; la quantità di fuoco ch' esso ha dopo il cangiamento sarà eguale a quella che aveva prima. Quindi $d\,b = e\,b$, e $d\,g = e\,c$; onde $e\,g - g\,h : g\,h :: d\,h : h\,c$. Vale a dire la differenza delle capacità prima e dopo il cangiamento è alla capacità dopo il cangiamento, come il calor sensibile manifestato, al numero totale de' gradi di calore che il corpo conteneva anteriormente al suo cangiamento di forma.

Sia dunque la capacità prima del cangiamento C, la capacità dopo il cangiamento c, il calor sen-

sensibile prodotto l, il total numero de' gradi di calore che aveva il corpo prima del cangiamento, contati dal punto di total privazione S. Sarà $C\,c : e :: l : S$ onde $S = \frac{el}{C-e}$. Quest' equazion può servire a calcolare l'infimo grado di calore, quando sia dato il calor sensibile che un corpo produce in conseguenza d'un cangiamento di forma, e siano pur date le capacità e prima e dopo il cangiamento.

Quel calore o freddo sensibile che si manifesta talvolta nel mescolare insieme diversi corpi alla stessa temperatura, in conseguenza della loro scambievole azion chimica, v' ha tutto il motivo di credere per le sperienze del Dr. *Irvine*, che nasca da una diminuzione, o da un aumento che risulti nella somma delle capacità. Da simili mescolanze potremo ancora dedurre l' infimo grado di calore nel modo che segue.

1. Si faccia la mescolanza delle due sostanze a masse uguali. Sia la somma delle capacità prima della miscela $C + c$, la somma delle capacità dopo la miscela $K + k$. Sarà $C + c - (K + k) : K + k :: l : S$ ed $S = \frac{(K+k)\,l}{C+c-K-k}$.

2. Se il miscuglio si fa a masse disuguali. Siano queste masse Q, q. Sarà $CQ + cq - (KQ + kq) : KQ + kq :: l : S$, ed $S = \frac{(KQ+kq).l}{CQ+cq-KQ-kq}$. Quindi potrà calcolarsi l'infimo grado di calore, mescolando insieme alla stessa temperatura due corpi che per la loro chimica proazione ducano ca-

calore o freddo, se si potranno conoscere per esperienze le masse e le capacità prima e dopo la miscela, e il calore o freddo sensibile che si produce.

III.

Abbiamo già osservato che la questione se il fuoco si combini o no chimicamente coi corpi potrebbe decidersi coll' istituire una serie di accurate sperienze dirette ad osservare i cangiamenti di capacità indotti ne' diversi corpi per le alterazioni di forma, e nello stesso tempo le quantità di calore o freddo sensibile che si producono in questi cangiamenti.

Se l' infimo grado di calore calcolato dietro siffatte sperienze è costante, ne seguirà che il calore non entra giammai in combinazione coi corpi, e che per conseguenza il calor sensibile o freddo che essi producono nasce unicamente dalle alterazioni di capacità. Se poi l' infimo grado di calore non si ritrova costante, potremo allora inferirne che una parte del calore che i corpi assorbiscono entra in combinazione con essi, e perde le sue caratteristiche proprietà.

Porrò quì appresso una lunga serie di ben fatte sperienze eseguite da *Gadolin* Professore di Chimica ad Abo nella Svezia, e pubblicate nelle Memorie dell' Accademia di Stockolm del 1784, le quali ne danno una forte presunzione che l' infimo grado di calore sia costante.

Sperienze di Gadolin *sul calore assoluto de' corpi.*

Magellan nel suo Saggio sul fuoco ha stabilito che la capacità della neve è a quella dell' acqua come 9 a 10. Assumendo ciò per vero, ho trovato per esperimenti diretti che la neve nel fondersi toglie ad un egual peso d' acqua circa 80 gradi di calore secondo il termometro di Celsio. Ottanta gradi di calore sono dunque la decima parte dell' intera quantità di calore contenuto nell' acqua al punto del gelo. Dunque quest' intera quantità è di 800 gradi di Celsio, ossia l' infimo punto della scala termometrica è situato al grado 800 sotto lo zero. Ridotti questi gradi a quelli di Farhenheit, sarà il punto più basso 1408 sotto lo zero *.

Ho ancora rintracciato direttamente la capacità del sal comune, e delle sue soluzioni in diverse quantità d' acqua. Ho trovato il calor comparativo

del

* Queste sperienze mi diedero allora precisamente gr. 80, 6 pel calore assorbito dalla neve nello squagliarsi; quindi il numero de' gradi dallo zero al punto infimo dovrebbe esser 806 di Celsio, o 1419 di Farhenheit. Annunziai però 800 come numero rotondo. Ripetendo appresso le stesse sperienze trovai che il calore assorbito è alquanto maggiore, cioè gr. 81, 2 di Celsio. Onde supponendo sempre la proporzione delle due capacità di 9 a 10, ne seguirebbe che i gradi di calore assoluto sono 812 sotto lo zero di Celsio, o 1430 sotto quello di Farhenheit.

del sal comune cristallizzato - - - - 0, 226
d' una soluzione satura di 372
parti di sale in 1000 d' acqua - - - 0, 793
d' una soluzione contenente il
sale all' acqua in ragione di - 3 a 10 - 0, 820
di - 2 a 10 - 0, 866
di 1, 56 a 10 - 0, 905
di - 1 a 10 - 0, 936

A trovare questi calori comparativi delle soluzioni saline feci uso d' un pezzo di rame, che io riscaldava o raffreddava in queste soluzioni. In quanto al sal comune cristallizzato, io lo sperimentai col mescolarlo finamente polverizzato ad una soluzione satura.

A confrontare la differenza dei calori comparativi coi gradi di freddo prodotti nell' atto della soluzione, feci le sperienze seguenti.

Sper. I. A dieci parti d' acqua contenuta in un vaso di latta, la cui capacità era 0, 6, la loro temperatura comune essendo 20° di Celsio, furon mescolate cinque parti di sal comune finamente polverizzato, avente la temperatura 21, 2. Dopo la soluzione, la temperatura comune si trovò gr. 13, 58.

Quì l' intera quantità di calore prima della soluzione era =

$10 . 820,8 + 0,6 . 820,8 + 5 . 0,226 . 821,2$

E l' intera quantità di calore dopo la soluzione, chiamando X la capacità della soluzione satura, è =

$13,72 . X . 818,58 + 1,28 . 0,226 . 818,58 + 0,6 . 818,58$ *.

* Siccome 10 parti d' acqua possono discioglierne 3, 72 di

Se nella soluzione niuna parte del calore assorbito si è chimicamente combinata, quest' ultima espressione deve uguagliare la prima; dal che si ricaverà $X =$

$$\frac{10,6.820,8 + 5.0,226.821,2 - 1,28.0,226.818,58 + 0,6.818,58}{13,72.818,58}$$

$= 0,7926$; il che appunto s' accorda col calore comparativo della soluzion satura trovato direttamente, e rinvenuto 0, 793.

Sper. II. In un vaso la cui capacità era 0, 7 si fece la miscela di 14, 5 parti d' acqua con 5, 5 di sale; il tutto alla temperatura 19, 5. Dopo la soluzione la temperatura comune calò a 16, 95. Calcolando da questa sperienza come dalla precedente, troveremo $X = 0,7927$.

Sper. III. Parti 3, 5 di sal comune si posero in un vaso di vetro la cui capacità era 1, 2; e la loro temperatura comune era 23. Vi si versarono 10 parti d' acqua riscaldata a 40, 84. La comune temperatura dopo la miscela fu 35, 65.

Da questa sperienza può rilevarsi la capacità d' una soluzione di parti 3, 5 di sale in parti 10 d' acqua, e si troverà $= 0,802$. Minore cioè della capacità d' una soluzione contenente 3 sole parti di sale in 10 d' acqua, ma maggiore della capacità d' una soluzione satura.

Sper. IV. In un vaso la cui capacità era 1, 2 furon mescolate parti 4, 5 di sal comune con parti 15 d' acqua. La temperatura comune prima della

di sale, ne segue che la massa totale dopo la mescolanza conteneva 13, 72 parti di soluzione satura, e 1, 28 parti di sale non disciolto.

della miscela era 23, dopo la miscela divenne 20, 54. Calcolata da questa sperienza la capacità della soluzione si troverà ancora assai prossimamente 0, 824.

Sper. V. Due parti di sale e 10 d' acqua furon mescolate in un vaso di capacità 0, 7; la temperatura comune fu prima della miscela 20, 51 e dopo 18, 65. Quindi la capacità della soluzione calcolata fu = 0, 873; l' osservata fu = 0, 866.

Sper. VI. Dieci parti d' acqua si mescolarono con una di sale in un vaso di capacità 1, 2. La temperatura comune prima fu 21, 53, e dopo la soluzione 20, 25. La capacità della soluzione calcolata da questa sperienza riesce prossimamente = 0, 932.

Sper. VII. Alla soluzione che rimaneva nel vaso dopo la Sperienza VI. s' aggiunse un altra parte di sale, la temperatura comune essendo 21, 52; essa divenne dopo la miscela 20, 99. Quindi supponendo 0, 932, il calor comparativo della soluzione primiera più debole si calcola quello della nuova soluzione di 0, 873 prossimamente; il che coincide col risultato della Sperienza V.

Sper. VIII. Alla soluzione della Sperienza VII. di nuovo s' aggiunse una parte di sale; la temperatura era prima 21, 75; divenne dopo 21, 45. Di quì supposta la capacità della soluzione meno carica di 0, 873, quella della soluzion nuova composta di 3 parti di sale in 10 d' acqua riesce 0, 824; conforme al risultato della Sperienza IV.

Volli appresso far prova se mescolando le soluzioni saline con acqua si avesser de' risultati coe-

renti alle sperienze fin quì descritte.

Sper. IX. Parti 10 di soluzion salina affatto satura furono mescolate a parti 19, 7 d'acqua, le temperature d'entrambi i fluidi essendo 19, 6; la temperatura del misto si trovò 18, 95. Posta la capacità della soluzion satura di 0, 793, la capacità della soluzione diluta (che consiste in una parte di sale con dieci d'acqua) si troverà pel calcolo = 0, 932: il che combina col risultato della Sperienza VI.

Sper. X. Parti eguali di soluzion satura e d'acqua si mescolarono alla temperatura 21, 4; la temperatura del misto riuscì 20, 75. Questo misto conteneva 1, 56 parti di sale sciolte in 10 d'acqua, e la sua capacità calcolata da questa sperienza, supponendo di 0, 793 la capacità della soluzion satura, risulta 0, 896. La capacità d'una soluzione egualmente diluta rintracciata da sperienze dirette, risultò 0, 905.

Tavola che presenta i risultati delle precedenti Sperienze.

Sperienze	Proporz. del sale e dell'acqua.	Capac. calcolate	Capac. osservate.	Divario
1. 2.	3, 72 : 10	0, 793	0, 793	0, 000
3.	3, 5 : 10	0, 802	- - - - -	- - - -
1. 4. 8.	3 : 10	0, 824	0, 820	+ 0, 004
5. 7.	2 : 10	0, 873	0, 866	+ 0, 007
10.	1, 56 : 10	0, 896	0, 905	− 0, 009
6. 9.	1 : 10	0, 932	0, 936	− 0, 004

In

In tutte queste sperienze i calori comparativi dei misti calcolati dai cangiamenti di temperatura, e dai calori comparativi delle sostanze mescolate, s' accordano perfettamente tra loro, ed anche prossimamente coi calori comparativi direttamente osservati. Sembra perciò indubitabile, che il freddo prodotto in queste miscele venga interamente dai cangiamenti delle capacità, e che niuna parte del calore resti chimicamente combinata.

Per illustrare viemmeglio questo stesso argomento intrapresi analoghe sperienze colla miscela d' olio di vitriolo e d' acqua, miscela che produce un notabil calore.

E prima per mezzo d' esperimenti diretti trovai le capacità seguenti.

Dell' olio di vitriolo deflogisticato, e concentrato - - - - - - - - -	0, 339
Di quattro parti del medesimo miste con una d' acqua - - - - - - -	0, 442
Dello stesso con acqua in proporzione di 2 : 1 - - - - - -	0, 500
di 1 : 1 - - - - - -	0, 605
di 1 : 2 - - - - - -	0, 749
di 1 : 5 - - - - - -	0, 876
di 1 : 10 - - - - - -	0, 925

In queste sperienze l' acido si racchiudeva in una sottil boccia di vetro, che riscaldavasi nell' acqua calda fino a un grado determinato, indi raffreddavasi tuffandola in una data quantità d' acqua fredda. Erasi preventivamente trovata con opportune sperienze la capacità della boccia di

vetro, e quella del vaso contenente l' acqua, e quindi furon fatte le dovute correzioni.

Sper. I. Quattro parti d' olio di vitriolo concentrato si mescolarono con una parte d' acqua. La loro temperatura prima della miscela era 12, dopo la miscela fu 119, 5.

Supponendo la capacità dell' acido concentrato 0, 339, il calore prima della miscela fu = (4 . 0, 339 + 1) 812. Chiamando X la capacità della miscela, il calore dopo la miscela fu = 5. X. 919, 5. Se la quantità totale del calore nella miscela non s' altera, queste espressioni debbon essere eguali. Quindi X = 0, 416. Ora il calor comparativo osservato di quest' acido diluito così è = 0, 442. Se poi nell' equazione predetta mettiamo 0, 442 in luogo di X, e vogliamo per mezzo di quest' equazione determinare la capacità dell' acido concentrato, la troveremo = 0, 372 in vece di 0, 339.

Sper. II. Due parti d' acido concentrato furon mescolate con una d' acqua a 11, 13. Salì il termometro a 124. Quindi se ritenghiamo la capacità dell' acido concentrato = 0, 339, quella dell' acido diluto risulterà dal calcolo = 0, 491, laddove l' osservata fu 0, 500. Che se supponghiamo = 0, 500 la capacità dell' acido diluto, quella dell' acido concentrato risulterà = 0, 354.

Sper. III. Parti eguali d' acido concentrato e d' acqua si mescolarono a 10, 5; il misto acquistò la temperatura 100. Quì supponendo la capacità dell' acido concentrato = 0, 339, quella dell' acido diluto riesce dal calcolo = 0, 603;

l' os-

l'osservata fu = 0, 605. E se al contrario supponghiamo nel calcolo la capacità dell' acido diluito = 0, 605, risulterà quella dell' acido concentrato = 0, 344. Quì dunque il divario è assai tenue.

Sper. IV. Una parte d' acido concentrato essendosi mescolata a due d' acqua alla temperatura 10, 25, la temperatura della miscela andò a 70. Assumendo la capacità dell' acido concentrato = 0, 339, quella dell' acido diluto riesce = 0, 726. Assumendo al contrario quella del diluto qual fu osservata = 0, 749, la capacità dell' acido concentrato riuscirebbe = 0, 413.

Sper. V. Mescolata una parte d' acido concentrato con cinque parti d' acqua a 10, 25, la temperatura della miscela fu 38, 25. Prendendo al solito 0, 339 per la capacità dell' acido concentrato, risulta 0, 860 quella del diluto. Prendendo quest' ultima di 0, 876 qual fu osservata, quella del concentrato riesce 0, 438.

Sper. VI. Mescolata una parte d' acido concentrato con 10 d' acqua alla temperatura di 9, 5, quella del misto risultò di 24, 75. Quindi si dedurrà la capacità del misto = 0, 923 se quella dell' acido concentrato assumasi = 0, 339. Ma se la prima suppongasi qual fu osservata = 0, 925, quest' ultima riuscirà = 0, 367.

Fin quì le capacità calcolate dell' acido diluto furon costantemente minori delle osservate; e dall' altra parte la capacità calcolata dell' acido concentrato costantemente maggiore dell' osservata. Ciò invita a credere che quì realmente nella

la miscela si sviluppino nuove quantità di calore che non si trovano ne' fluidi mescolati, a meno che non siano chimicamente combinate con essi. Ma se rifletto che questi divarj potrebber egualmente anche nascere da qualche errore corso nel modo da me tenuto d' osservare le capacità degli acidi, io son più portato ad attribuire a questa cagione le anomalie fin quì incontrate. Siccome la facoltà conduttrice dell' acido vitriolico concentrato è assai debole rispetto a quella dell' acqua o d' un acido più diluto, è naturale il sospetto che la vera capacità dell' acido concentrato fosse maggiore di quella che apparve dalle mie dirette osservazioni. Che tutto il divario tra le capacità calcolate ed osservate nasca da qualche sbaglio preso in queste ultime, gli è tanto più probabile, quanto in alcuna delle sperienze susseguenti (*Sper. VII. VIII. IX.*) ho incontrato de' divarj in senso opposto, e tutto contrario all' ipotesi di nuovo calore prodotto.

Sper. VII. Cinque parti d' acido vitriolico diluto in guisa che era composto di 4 parti d' acido concentrato ed una d' acqua, furon mescolate con tre parti d' acqua a 10, 5; la temperatura del misto fu 49. Supponendo adesso la capacità dell' acido = 0, 442, quella del misto risulta dal calcolo = 0, 622; laddove la capacità osservata d' un simile acido fu = 0, 605. Preso per dato quest' ultimo valore, la capacità dell' acido adoperato risulterebbe = 0, 414, vale a dire minore dell' osservata.

Sper. VIII. Parti 0, 128 dello stesso acido usato

to nella Sperienza VII. furon miste con una d'acqua a 11, 15; fu la temperatura del misto 18, 77. Supponendo la capacità dell'acido = 0, 442 quella del misto viene = 0, 928. Supponendo quella del misto = 0, 925 viene quella dell'acido = 0, 416.

Sper. IX. Parti 0, 158 d'un acido risultante da due parti d'acido concentrato ed una d'acqua, furono mescolate con una parte d'acqua, il tutto alla temperatura 10, 5; quella del misto riuscì 15, 5. Quì la capacità del misto risulterà = 0, 928, e quella dell'acido usato = 0, 492 se facciasi il calcolo per la prima supponendo la capacità dell'acido usato = 0, 500, e per la seconda supponendo la capacità del misto = 0, 925.

Sper. X. Due parti d'un acido composto d'acido concentrato e d'acqua a dosi eguali furono miste con una d'acqua a 12; la temperatura del misto fu 19, 43. Quì le capacità calcolate dell'acido usato, e del misto risultano 0, 634; 0, 730: le osservate furono 0, 605; 0, 749.

Sper. XI. Una parte dello stesso acido della sperienza precedente si mescolò con due d'acqua a 12, 6; fu la temperatura del misto 17, 6. Le capacità calcolate sono 0, 644; 0, 863: le osservate 0, 605; 0, 876.

Sper. XII. Due parti dello stesso acido miste con nove d'acqua a temperatura 12, 4 diedero la temperatura di 15, 15. Le capacità calcolate riescono 0, 605; 0, 925; e queste pienamente s'accordano colle osservate.

Sper. XIII. Una parte d'acido vitriolico composto

posto di una d' acido concentrato, e due d' acqua, mescolata con una parte d' acqua a temperatura 12, 25, diede la temperatura del misto di 14. Se quì la capacità dell' acido usato si pone = 0, 749, quella del misto risulta dal calcolo = 0, 873: e se quest' ultima si pone = 0, 876, quella dell' acido usato risulta = 0, 756.

Le differenze tra le capacità calcolate e le osservate non sono sì grandi che non si possano suppor cagionate da qualche errore trascorso nel determinare le capacità osservate; nè già potrebbero spiegarsi altrimenti, giacchè sono assai irregolari, cadendo gli eccessi ora in un senso or in un altro. Che anzi un uso più soddisfacente sembra che si potesse fare delle sperienze riferite, rivolgendole a correggere per approssimazione le capacità stesse osservate.

Le capacità si posson trovare con approssimazione tuttavia maggiore col prendere un medio tra il valore della capacità di ciascun acido risultante dal calcolo istituito dalle sperienze fatte con esso, e il valore trovato direttamente per osservazione. In questo modo le capacità dovrebbero correggersi come segue.

Capacità dell' acido concentrato - -		0, 360
Dell' acido concentrato diluito		
con acqua in ragione di -	4 : 1 -	0, 429
	2 : 1 -	0, 496
	1 : 1 -	0, 613
	1 : 2 -	0, 743
	1 : 5 -	0, 871
	1 : 10 -	0, 925

Questi

Questi valori debbon essere assai vicini alle vere capacità degli acidi. Io li suppongo adunque per veri, ed in questa supposizione prendo a calcolare il calore che dovette prodursi nelle miscele fatte nelle mie diverse sperienze, se questo calore nacque soltanto dalle cangiate capacità, ossia se la quantità totale del calore si conservò la medesima e prima e dopo la miscela. Suppongo adunque il punto infimo del termometro ad 800 gradi sotto zero; e suppongo che le capacità degli acidi abbiano veramente i valori quì sopra stabiliti.

La temperatura dunque del misto avrebbe dovuto essere

		invece dell' osservata
Nella Sper. I.	gr. 123, 7	119, 5
II.	137, 6	124
III.	99, 1	100
IV.	57, 9	70
V.	31	38, 25
VI.	24, 22	24, 75
VII.	50, 33	49
VIII.	20, 1	18, 77

Nelle altre sperienze i calori prodotti furon sì piccoli, che non si può pretendere che il calcolo gl' indichi precisamente, giacchè le minori aberrazioni nelle espressioni delle capacità producono errori assai considerabili nei gradi di calore calcolati. Perciò quantunque questi calori sensibili calcolati si scostino dagli osservati, io però li riguardo come abbastanza soddisfacenti: mentre un assai leggera correzione applicata alle capacità può met-

metterli perfettamente d'accordo coll' osservazione.

Avendo trovato che la dottrina delle capacità si adatta sì bene a' fenomeni del freddo prodotto dalle soluzioni del sal comune nell' acqua, volli vedere se cogli stessi principj potesse spiegarsi il freddo prodotto dalla mescolanza del sale colla neve.

E' noto che quando in una simil miscela insorge il freddo, comincia essa a sciogliersi e si converte anche del tutto in una soluzion liquida; io non dubito punto che questo cangiamento da stato solido a fluido, e l'aumento di capacità che ne nasce, sia la cagione del freddo prodotto. Confermano la mia opinione le osservazioni seguenti.

In ogni miscela di sale e neve havvi un massimo di freddo producibile, ossia havvi un certo grado determinabile della scala termometrica, oltre il quale una data miscela di sale e neve non potrebbe più produr freddo. Se tanto il sale quanto la neve prima della mescolanza sian condotti a una temperatura più bassa di questo grado, non si produce punto di freddo, e le particelle de' corpi misti restano inalterate in istato di solido. Se questa stessa miscela per mezzo del calore si cangia in una soluzion liquida, e appresso si espone a un grado di freddo inferiore al suddetto punto, essa perde la sua fluidità, ed agghiacciando diviene un solido. Quindi egli è evidente che l'infimo grado di freddo producibile da una siffatta miscela, è il punto di congelazione della medesima; e infatti siccome a quel punto non può

aversi

aversi liquefazione, così è rimossa la cagione producitrice del freddo. Così ho trovato che il sale e la neve mescolati insieme producevano un freddo di — 21 (o di — 5, 8 di Farhenheit); che una soluzion satura di sale mista con acqua, esposta all' aria libera a temperatura più bassa di — 21 si agghiacciava in parte, e facea salire il termometro immersovi a — 21; e che il sale e la neve mescolati insieme a qualunque temperatura sotto di questo grado, rimanevano inalterati quanto alla lor forma esterna, nè producean freddo per nulla.

Quantunque questi fenomeni generali pienamente s' accordino colla teoria, pure io non volli averli per affatto concludenti, sinchè per mezzo di fatti particolari io non potessi assoggettare al calcolo i gradi del freddo prodotto e i cangiamenti di capacità. Mescolai dunque parti 1, 75 di neve, e parti 0, 625 di sal comune; la loro temperatura comune prima della mescolanza era — 7, 5; feci la miscela in un sottil globo di vetro, la cui capacità era 0, 35. Questo globo fu tuffato sollecitamente in un vaso contenente parti 34 d' acqua (quì per non esser prolisso, intendo inclusa la capacità del vaso) riscaldata a + 21. Poichè la miscela salina fu sciolta, ed ebbe cessato di comunicar del freddo all' acqua, la temperatura comune osservossi di + 15, 25. La capacità dell' acqua essendo 1, quella della neve è 0, 9; quella del sal comune 0, 226; quella della soluzione (essa conteneva parti 2, 8 d' acqua per 1 di sale) è 0, 8. Con questi dati e supponendo

in

in oltre il punto infimo della scala termometrica a — 800, io ebbi la total quantità di calore contenuta negl' ingredienti prima della miscela =

= (1, 75 . 0, 9 + 0, 625 . 0, 226 + 0, 35)
(800 — 7, 5) + 34 . 821 = 29551°, 5.

Ma la somma delle capacità dopo la miscela è = 34 + 2, 375 . 0, 8 + 0, 35 = 36, 25; In conseguenza la temperatura comune dopo la miscela deve essere stata di gradi $\frac{29551, 5}{36, 25}$ = 815, 21 ossia 15, 21 sopra il gelo; il che non differisce sensibilmente dalla temperatura osservata di 15, 25.

Fin quì le sperienze di *Gadolin*. Ora il lettore osserverà che l' infimo punto della scala indicato da queste sperienze non è che gr. 1400 sotto il principio della scala di Farhenheit. Laddove per le mie sperienze coll' aria pura e l' aria infiammabile il punto di total privazione risulta circa 1500 gradi sotto il zero di Farhenheit.

Si dee però osservare che una miscela d' olio di vitriolo coll' acqua cresce alquanto in capacità al crescere in temperatura: se si tien conto di questa circostanza, i risultati delle sperienze di *Gadolin* coincideranno assai da vicino con quelli delle mie istituite colla combustione dell' aria pura coll' aria infiammabile.

Che una miscela d' olio di vitriolo e d' acqua cresca alquanto in capacità al crescere di temperatura, si prova nel modo seguente.

1, Mescolando dell' olio di vitriolo con acqua, ovvero dello spirito di vitriolo più forte con del più diluto, si eccita più calor sensibile se il mes-

co-

colamento delle due sostanze si faccia ad una bassa temperatura che non ad una temperatura più alta. Così ho trovato che mescolando dello spirito di vitriolo più forte con del più debole successivamente alle temperature di 50, di 110, di 212, il calor sensibile prodotto scemava uniformemente a proporzione che cresceva la temperatura. La mistura dello spirito di vitriolo più e men forte è più opportuna a siffatte prove, che non quella dell' olio di vitriolo coll' acqua; perchè in quest' ultima svegliasi notabile evaporazione.

Cavendish fu il primo per quel ch' io so a discoprire che lo spirito di vino e l' acqua eccitano men calore sensibile mescolati a più alta temperatura. Ho trovato lo stesso nelle miscele dello spirito di vino coll' olio di vitriolo, degli alcali caustici coll' acqua. Questi fatti rendon probabile che i composti risultanti da queste combinazioni crescano in capacità a misura che cresce il lor calore sensibile; perchè se la capacità del composto cresce coll' aumentare il suo calor sensibile, questo composto all' aggiunta d' una data quantità di fuoco verrà men riscaldato quando già trovasi ad un alta temperatura, che non ad una bassa.

2. Quando si combinano insieme due sostanze le quali per la loro chimica azione producono del calore, la densità del composto trovasi maggiore che non è la densità media dei componenti. Questa maggior densità è chiamata da *Kirwan* densità *accresciuta*. Ora gli esperimenti dimostrano che la densità accresciuta dello spirito di vino combinato coll' acqua, e dell' olio di

vitriolo combinato pure coll' acqua, è maggiore quando queste sostanze sono state mescolate in bassa temperatura. La verità di questa asserzione, almeno per quel che riguarda la mescolanza dello spirito di vino coll' acqua, resta chiaramente provata dalle sperienze di *Deluc*. Dalle quali apparisce che le dilatazioni d' una miscela d' acqua e d' alcool crescono in ragion maggiore che non fanno le dilatazioni medie di questi fluidi separati; e per conseguenza la densità accresciuta deve tanto più scemare, ossia la densità del misto deve accostarsi tanto più da vicino alla densità media dei componenti, quanto più cresce la temperatura.

Similmente ho trovato che mescolando ad un alta temperatura olio di vitriolo con acqua, l' accrescimento di densità nel composto riesce minore che mescolandosi in bassa temperatura.

Giacchè dunque la densità accresciuta dello spirito di vitriolo diluto, e quella pure d' una miscela d' alcool e d' acqua, scema al crescere della temperatura: e giacchè tanto la densità accresciuta, quanto la diminuzione di capacità sono effetti della cagione medesima, voglio dire della chimica combinazione, v' è luogo a credere che questi effetti in qualche modo corrispondano l' uno all' altro: e che per conseguenza ove è meno densità accresciuta, ivi sia pur anche minor diminuzione di capacità. Ammettendo questa supposizione, ne viene in conseguenza che i composti risultanti dalla chimica unione dell' alcool, e dello spirito di vitriolo coll' acqua, crescono

al-

alquanto in capacità al crescere della temperatura.

3. Che lo spirito di vitriolo diluto cresca in capacità crescendo la temperatura, si conferma eziandio per esperienze dirette: poichè mescendo parti eguali di questo spirito a diverse temperature, la temperatura del misto risulta maggiore della media aritmetica; per conseguenza convien dire che la capacità sua cresca al crescere della temperatura. Vedi pag. 42.

Se si tien conto di questa circostanza, i risultati delle sperienze di *Gadolin* si troveranno prossimamente coincidenti con quello delle mie sperienze fatte sulla combustione dell' aria pura coll' aria infiammabile. Abbiam dunque tutto il motivo di credere che il grado infimo del calore, ossia il punto dell' assoluta privazione, calcolato da sperienze fatte su diversi corpi secondo la regola del Dr. *Irvine*, riesca costante: e cada probabilmente intorno a 1500° sotto il principio della scala di Farhenheit.

Ciò non ostante non ci possiamo per ora tener sicuri, che questo grado infimo sia determinato con preciso rigore. Quantunque per alcune analoghe sperienze da me tentate io son rimasto convinto dell' accuratezza di quelle di *Gadolin*: quantunque queste sperienze medesime non discordan molto ne' loro risultati dalle altre fatte coll' aria pura ed infiammabile: pure in un argomento sì delicato noi non possiamo giungere ad una precision sufficiente se non col prendere il risultato medio d' una lunga ed estesa serie di sperienze,

dirette a determinare i cangiamenti di capacità che nascono da una mutazione di forma in una serie di molti e diversi corpi, ed insieme le quantità di calore o di freddo prodotto in queste alterazioni.

Siccome il metodo di rintracciare il principio della scala del calore fu prima d' ogni altro proposto dal Dr. *Irvine*, così era mio pensiere lasciare a lui l' incarico di compier la soluzione di questo curioso problema. Perciò non ho sinora toccato siffatta questione se non quel tanto che era necessario pel mio argomento. Ma quest' illustre letterato testè rapitoci dalla morte ha lasciato il problema tuttavia indeciso; perciò intendo in appresso, se Dio mi conceda vita e salute, farne l' oggetto di mia particolare occupazione.

IV.

In tutto il corso di questo libro ho procurato d' indicare colla maggior fedeltà ed accuratezza i progressi fatti già da *Black* e da *Irvine* nella Teoria del Calore prima che io cominciassi ad applicarmivi. Ecco una breve idea della successione di questi progressi, in quanto han relazione alla ricerca dei calori comparativi de' corpi.

Il Dr. *Black* fu il primo che dalla sperienza di *Farhenheit* riportata a pag. 62. dedusse che il mercurio e l' acqua avevano diverse capacità pel calore. Quest' idea lo condusse a far di molte sperienze all' oggetto di determinare i calori comparativi di varie sostanze. A lui dunque dobbiamo

lo

lo scoprimento di questa proposizion generale, che i diversi corpi hanno diversa capacità pel calore.

Da questa proposizione, e dalla Teoria del calor latente stabilita essa pure da *Black*, il Dr. *Irvine* dedusse che le sostanze fluide hanno maggior capacità che non hanno le sostanze medesime cangiate in solidi. Questa deduzione ch' egli confermò in seguito per molte sperienze lo condusse a scoprire la regola per trovare il grado infimo di calore; ed a spiegare la cagione del calore che si eccita in certe chimiche mescolanze.

V.

Mi è stata da taluno apposta la taccia d' avere nella prima edizion di quest' opera pubblicate alcune scoperte del Dr. *Irvine*, senza mostrar di riconoscerne l' autore. La lettera seguente ch' io ricevetti da questo letterato nel 1780 servirà a smentire quest' ingiusta imputazione.

Glasgow 27 Gennajo 1780.

„ Non so per qual precisa cagione, forse per qualche sbaglio o malinteso di persona mal informata dell' argomento delle vostre ricerche, è stato detto, che io sono l' autore delle Teorie risguardanti il calore esposte nel libro recentemente da voi pubblicato. Abbraccio ben volentieri quest' occasione di dichiarare ch' io non ho diritto alcuno alla scoperta che l' aria atmosferica con-

tiene più calore assoluto che l' aria fissa, scoperta da cui la spiegazion vostra del calore animale e dell' infiammazione immediatamente deriva. Nè punto pretendo alla scoperta dell' altra proposizion generale intorno all' accrescimento o diminuzione del calore assoluto ne' corpi in conseguenza dello sviluppo o dell' assorbimento che essi fanno del flogisto. In somma nel vostro libro sul calore animale e sulla combustione non v' è nulla affatto di mio fuori di quello che voi già nel libro medesimo mi avete palesemente attribuito. Sono ec. „

Irvine.

VI.

La Proposizione annunciata alla pag. 42. è rigorosamente dedotta dalla definizione premessa della capacità permanente, pag. 38. Questa definizione comprende tutti quei casi nei quali l' aggiunta o la detrazione di eguali quantità di calore assoluto produce eguali variazioni di temperatura. Che se volessimo definir diversamente questo termine *capacità permanente*; se ci piacesse ristringere questa espressione a quei soli casi nei quali non v' è nè assorbimento nè sviluppo di calore per variar che faccia la temperatura; ossia a quei soli casi ne' quali le ordinate che rappresentano le capacità sono tutte eguali fra loro: allora la mentovata Proposizione non sarebbe più vera generalmente parlando: poichè si potrebbe benissimo supporre che quando si comunica del calore ad un corpo, parte di questo calore venga as-

assorbita, parte rimanga sensibile: e la proporzione tra la parte assorbita e la parte che rimane sensibile può esser talmente modificata nelle diverse temperature, che ne risulti un effetto eguale: ossia che la stessa quantità di calore assoluto che inalza il corpo di uno o di due gradi in una temperatura data, lo inalzi di altrettanti gradi in qualunque altra temperatura.

In questo caso la capacità sarebbe *permanente* giusta la prima definizione da me proposta di questa proprietà: ma giusta la seconda definizione essa sarebbe una capacità *crescente*.

Egli è chiaro però dal risultato dalle precedenti sperienze concernenti l' infimo grado di calore, che quand' anche in qualche caso particolare le capacità variassero secondo la legge quì accennata, gli effetti che ne sieguono sono prossimamente quali sarebbero se non ci fosse tal variazione.

VII.

Ho avvertito alla pag. 23. che quantunque nelle sperienze fatte colla miscela dell' acqua calda e dell' acqua fredda il termometro a mercurio indichi il preciso grado medio aritmetico, noi non possiamo per ciò inferirne con sicurezza che gli alzamenti del termometro siano proporzionali agl' incrementi del calore: perchè se eguali accrescimenti di calore producesser nell' acqua diseguali aumenti di capacità, ed eguali diminuzioni di calore producessero nel mercurio diseguali contrazioni, queste irregolarità contrarie potrebbero

bero combinarsi in guisa da compensarsi precisamente le une colle altre. E' necessario l'osservare, che in questo caso il termometro a mercurio sarebbe bene un accurata misura delle quantità di calore applicate all'acqua, ma non sarebbe già una accurata misura del calore applicato a lui stesso.

VIII.

Nel calcolo delle sperienze fatte col mescolare acqua calda con acqua fredda (v. pag. 17.) abbiam ragguagliata la capacità del vaso a quella dell'acqua fredda, laddove doveasi piuttosto ragguagliare a quella della miscela. Tenendo conto di quest'errore apparirà che l'aberrazione del termometro a mercurio dalla media aritmetica è alquanto minore di quel che ho supposto. Così nella Sper. III. ho trovata detta aberrazione di 0, 55. Corretto l'anzidetto errore, essa non si trova più che di 0, 25.

Dopo avere esattamente ripetute queste sperienze sempre più son persuaso che in simili prove la temperatura della miscela qual viene indicata dal termometro a mercurio corretto secondo il metodo di *Cavendish* coincide assai prossimamente col grado medio aritmetico.

IX.

Alla pag. 209. abbiamo detto che l'aria infiammabile pesante è composta in parte d'aria infiammabile leggera, ed in parte o d'aria fissa, o di una

una sostanza che può risguardarsi come la di lei base. Questa asserzione è dedotta dalle sperienze di *Priestley*, che provano che nella combustione dell' aria deflogisticata coll' aria infiammabile pesante trovasi gran quantità d' aria fissa, il cui peso però non arriva ad eguagliare la somma dei due gas che si sono usati nella sperienza.

Si vedrà procedendo più oltre che da altre prove fatte appresso ho avuto motivo di restar convinto che l' aria infiammabile pesante quando è ben pura, consiste interamente in una sostanza che costituisce la base dell' aria fissa.

X.

Non sarà discaro al lettore aver sott' occhio un prospetto de' risultati delle mie sperienze: eccoli perciò epilogati nella seguente Tavola.

Tavola del calore comparativo di varj corpi, qual risulta dalle sperienze riferite in quest' opera.

Aria infiammabile	21, 4000
Aria deflogisticata	4, 7490
Aria atmosferica	1, 7900
Vapore acqueo	1, 5500
Aria fissa	1, 0454
Sangue arterioso	1, 0300
Acqua	1, 0000
Latte fresco di vacca	0, 9999
Sangue venoso	0, 8928
Aria flogisticata	0, 7936

Pelle

Pelle di bue insiem col pelo - - - - 0, 7870
Polmoni di pecora - - - - - - - - - 0, 7690
Carne magra di bue - - - - - - - - 0, 7400
Alcool - - - - - - - - - - - - - - 0, 6021
Riso - - - - - - - - - - - - - - - 0, 5060
Fava da cavalli - - - - - - - - - 0, 5020
Olio di spermaceti - - - - - - - - 0, 5000
Raschiatura di pino - - - - - - - 0, 5000
Piselli - - - - - - - - - - - - - 0, 4920
Frumento - - - - - - - - - - - - 0, 4770
Orzo - - - - - - - - - - - - - - 0, 4210
Avena - - - - - - - - - - - - - - 0, 4160
Acido vitriolico - - - - - - - - - 0, 4290
Carbon fossile - - - - - - - - - 0, 2777
Carbone di legna - - - - - - - - 0, 2631
Terra calcare - - - - - - - - - - 0, 2564
Ruggine di ferro - - - - - - - - 0, 2500
Antimonio diaforetico lavato - - - - 0, 2272
Calce di rame quasi interamente spogliata d' aria - - - - - - - - - - - 0, 2272
Calce viva - - - - - - - - - - - 0, 2229
Ceneri - - - - - - - - - - - - - 0, 1923
Ceneri meglio bruciate - - - - - - 0, 1855
Ruggine di ferro spogliata d' aria - - 0, 1666
Antimonio diaforetico lavato quasi in tutto spogliato d' aria - - - - - 0, 1666
Ceneri d' olmo - - - - - - - - - 0, 1402
Calce di zinco spogliata d' aria - - - 0, 1369
Ferro - - - - - - - - - - - - - - 0, 1269
Ottone - - - - - - - - - - - - - 0, 1123
Rame - - - - - - - - - - - - - - 0, 1111
Calce bianca di stagno spogliata d' aria - 0, 0990

Re-

Regolo di zinco	0, 0943
Ceneri di carbone di legna	0, 0909
Stagno	0, 0704
Calce gialla di piombo spogliata d'aria	0, 0680
Regolo d' antimonio	0, 0645
Piombo	0, 0352

NOTE

DEL TRADUTTORE.

NOTA I. Pag. 4.

Al *§. Il calor sensibile.*

Un corpo di data massa, e di data natura, quanto più avrà di calore assoluto, tanto più alto farà salire il termometro. Ma i gradi termometrici indicano essi la precisa proporzione delle quantità di calore? L'acqua vicina a congelarsi tiene il termometro di Farh. a gr. 32, l'acqua bollente lo alza a 212. Direm noi perciò che il calor dell'acqua bollente sia quasi sette volte maggiore di quel del ghiaccio che si squaglia? No certamente.

Affinchè i gradi termometrici segnassero la proporzione delle quantità di calore, due condizioni sarebbon richieste. 1. Che l'andamento del termometro fosse equabile; cosicchè egual numero di gradi corrispondesse ad eguali incrementi o decrementi di calore. 2. Che i gradi si numerassero dal punto della total privazion di calore: onde il zero della scala corrispondesse al zero naturale, che si avrebbe allorquando il corpo fosse in tutto spogliato di calore.

Si

Si vedrà appresso che il termometro a mercurio ha di per se stesso un andamento equabile, almeno in tutto il tratto della scala che è tra la congelazione e l' ebullizione dell' acqua; diviso quest' intervallo in gradi equidistanti, questi gradi corrispondono assai prossimamente ad eguali incrementi o decrementi di calore. Non così i termometri a spirito di vino: ma essi pure si posson rendere uniformi col dividerli in guisa che i loro gradi corrispondan con quelli d' un esatto termometro a mercurio. Questi gradi non riusciranno equidistanti: ma ciò nulla monta, quando i loro numeri rappresentino fedelmente gl' incrementi di calore.

L' altra condizione è più malagevole ad ottenere. La difficoltà consiste nel fissare precisamente il punto della total privazione di calore, che è lo zero naturale della scala termometrica. *Irvine* prima d' ogni altro ne indicò i mezzi di riconoscerlo. Dietro le di lui tracce il nostro autore lo fissa a gr. 1500 sotto il zero di Farhenheit. Convien però confessare che resta tuttavia qualche incertezza su questa determinazione, punto principale ed importantissimo della teoria del calore.

Dietro questi principj, parmi che sia utile introdurre una distinzione fra temperatura *assoluta*, e temperatura *relativa*. *Assoluta* si può dire quando i gradi si contino dallo zero reale. *Relativa* quando si contino da uno zero arbitrario, qual è quello delle comuni scale termometriche. Stando all' accennata determinazione di *Crawford*, se un corpo alza il termometro di Farh. a gr. 97, la sua tem-

pe-

peratura relativa si dirà 97, l'assoluta 1597. Sarà bene aver presente questa distinzione nella lettura di quest'opera, ove valutandosi talvolta la temperatura promiscuamente or come assoluta, or come relativa, potrebbero incontrarsi non pochi equivoci.

Egli è chiaro che la misura della quantità di calore esistente in un corpo di data massa e di data capacità dee desumersi dalla temperatura assoluta, e non già dalla relativa. Questa non misura che l'eccesso del calore esistente nel corpo sopra una certa determinata dose di calore, per esempio sopra quella che trovasi nel ghiaccio fondente.

Quest'avvertenza quantunque semplice, è sfuggita alla penetrazione d'illustri fisici. Eccone alcuni esempj.

I. *Newton* * volendo provare che se la terra trasportasse venisse nell'orbita di Mercurio, l'acqua riscaldata dal sole prenderebbe una temperatura eguale a quella dell'acqua bollente, ragiona di questo modo. L'attività del calor solare sopra Mercurio, è sette volte maggiore dell'attività del medesimo sopra la terra; ciò deducesi da questo principio che l'intensità del calor solare, come quella della luce, scema in ragion duplicata delle distanze. Ma il calor dell'acqua bollente è anch'esso sette volte maggiore del calore che il sole estivo comunica all'acqua esistente sulla terra. Adunque il calore che concepirebbe l'acqua, se la terra fosse trasportata nell'orbita di Mercurio, eguaglia il calore dell'acqua bollente. E'

* Princip. lib. III. Prop. 8. cor. 4.

E' manifesta la ragion dell' abbaglio. Il rapporto di 7 ad 1 tra il calor dell' acqua bollente, e quello dell' acqua riscaldata dal sole estivo, non è che il rapporto delle loro temperature relative contate dal punto del gelo; nè perciò rappresenta il reale rapporto de' due calori. La vera ed assoluta temperatura dell' acqua riscaldata dal sole non è già di gr. 60 Farh. come a un dipresso la suppone *Newton*, ma di 1560. Quindi l' assoluta temperatura della medesima trasportata nell' orbe di Mercurio sarà di 7 X 1560 ossia 10920, e la relativa di gr. Farh. 10920 — 1500 ossia 9420, di gran lunga superiore a quella non pur dell' acqua bollente, ma del ferro stesso infocato.

II. Altrove *Newton* medesimo * prende a calcolare il calore che dovette concepire nel perielio la famosa cometa del 1680, e lo valuta due mila volte maggiore di quello del ferro rovente. Questa estimazione è di gran lunga troppo scarsa. Ecco in qual guisa *Newton* vi perviene. La distanza perielia della cometa fu tale che l' attività del calor solare sulla cometa dovette stare all' attività del medesimo sulla terra come 28000 ad 1. Ora il calor cui la terra riceve dall' azion del sole in estate sta al calor dell' acqua bollente come 1 a 3, e questo al calor del ferro rovente circa come 1 a 4; onde il calor che la terra riceve dal sole è al calor del ferro rovente come 1 a 12. Quindi, conchiude, starà il calore che la cometa ricevette dal sole al calore del ferro rovente in ragion composta di 28000 ad 1 e di 1 a 12, ossia circa in ragione di 2000 ad 1. Ma

* Princ. lib. III. Prop. 41.

Ma il rapporto di 28000 ad 1 tra il calore comunicato dal sole sì alla cometa, che alla terra è il rapporto delle totali quantità di calore, e però delle temperature assolute. Il rapporto poi di 1 a 12 tra il calor della terra e quello del ferro rovente è il rapporto tra le temperature relative, contate dal punto della congelazione. Quindi il rapporto composto che ne risulta di 2000 ad 1, non è poi quello delle assolute, nè delle relative temperature, e non rappresenta nè le totali quantità di calore, nè i gradi termometrici per cui verrebbono indicate.

La temperatura relativa della terra riscaldata dal sole essendo gr. 92 Farh. e quella del ferro rovente gr. 1050, se chiamisi z il numero de' gradi che si contano dallo zero di Farh. allo zero naturale, il vero rapporto del calor della terra a quello del ferro rovente è $z + 92$ a $z + 1050$. Onde il calore della cometa al calore del ferro rovente riesce di 28000 $(z + 92)$ a $z + 1050$; molto maggiore di quello che assegna il *Newton*, per quanto piccolo si prenda z; se facciamo col *Crawford* $z = 1500$, riesce il calor della cometa a quel del ferro come 17480 ad 1. Il rapporto poi delle temperature relative della cometa e del ferro è molto maggiore; esso è di 28000 $(z + 92) - z$ a 1050.

III. *Mairan* * da più osservazioni termometriche deduce il rapporto tra il calor massimo che regna in estate nel clima di Parigi, al calor minimo che ha luogo nell'inverno, e lo stabilisce di 1026

a

* Mem. dell' Accad. Par. 1765.

a 994. La media fra le più alte temperature a cui monta il termometro in estate è di gr. 26. R. e la media fra le più basse a cui scende nell' inverno è di gr. — 6. Ora nella scala Reaumuriana lo zero non è già al punto di congelazione, ma 1000 divisioni sotto quel punto, e solo per isfuggire dei numeri così grandi s'intende poi soppressa tutta la parte della scala inferiore al termine della congelazione, ed al punto del gelo si scrive zero in vece di 1000. Quindi le temperature medie estiva ed invernale sono realmente 1026, e 994; e questo prende *Mairan* per il rapporto del calore estivo all' invernale.

Ma esaminando i principj sui quali è fondata la division Reaumuriana del termometro * egli è facile il ravvisare che il collocamento del zero termometrico 1000 divisioni sotto il gelo, se non è del tutto arbitrario, è almeno tale che non può già assicurarsi che esso corrisponda col zero naturale che si avrebbe spogliando il fluido termometrico di tutto affatto il calore. Adunque il rapporto assegnato da *Mairan* non è che il rapporto delle temperature relative, fissate arbitrariamente, nè può senza pericolo di errore prendersi per il vero rapporto del calore estivo all' invernale, nè mettersi in confronto con quello che attesa l' azion Solare, ed altre fisiche cagioni dovrebbe aver luogo.

Fissando il zero naturale a gr. 1500 sotto il zero di Farh. o a gr. 680 sotto il zero di Reaumur, il vero rapporto del calore estivo all' in-

* V. Mem. dell' Acc. di Par. 1730.

vernale dedotto dalle osservazioni di *Mairan* riesce di 706 a 674, o incirca di 22 a 21, alquanto maggiore dello stabilito da *Mairan*.

Non sarebbe difficile il raccogliere altri esempj d' abbagli in cui son caduti alcuni Fisici, o perchè non distinsero la temperatura relativa dall' assoluta, o perchè distinguendole mancaron di mezzi per determinare l' assoluta temperatura. Nè quest' ultima difficoltà può dirsi in tutto rimossa: la natura stessa delle sperienze per cui si ricerca il zero reale, e la discordanza de' loro risultati, lascia tuttavia qualche incertezza, nè la determinazione di *Crawford* non può aversi per sicurissima. Gioverà frattanto l' avvertire almeno di non confondere fra loro le due diverse valutazioni che soglion farsi della temperatura de' corpi; confusione che non mancherebbe di trarci ad errori gravissimi.

NOTA II. Pag. 6.

Al §. *Abbiamo già avvertito.*

A schiarimento delle cose seguenti, gioverà quì raccogliere alcune proposizioni fondamentali della teoria del calore, che s' incontrano sparse nel decorso del Libro, parte dimostrate operosamente, parte annunziate senza dimostrazione. Presentandole riunite, e dimostrate per una via breve ed uniforme, la mutua connession che è fra loro, gioverà moltissimo ad agevolarne l' intelligenza.

1. *Proposizione I.* In due corpi diversi le quantità di calore assoluto sono in ragion composta delle masse, delle capacità, e delle temperature assolute.

Siano ne' due corpi le quantità di calore assoluto A, a; le masse M, m; le capacità C, c; le temperature assolute T, t. Sarà $A : a :: MCT : mct$. Questa proposizione segue assai chiaramente dalle definizioni premesse della capacità, e della temperatura assoluta. V. la Nota precedente.

Fra i diversi esempj onde si suole ajutare l'immaginazione de' meno esperti a comprendere come la quantità del calore esistente in un corpo possa dipendere da tre elementi variabili, non ve n' è alcun più espressivo nè più opportuno di quello di cui il nostro Autore fa un cenno a pag. 268. Si paragona la quantità di calore esistente nel corpo alla quantità dell' acqua contenuta entro un recipiente parallelepipedo. Come la quantità di quest' acqua dipende dalle tre dimensioni del vaso, lunghezza, larghezza, ed altezza; delle quali ciascuna può variare indipendentemente dalle altre, così la quantità del calore dipende dalla massa del corpo, dalla capacità, e dalla temperatura. E siccome in queste proporzioni l' altezza dell' acqua vuol computarsi dal fondo del recipiente, e non già da altro livello arbitrario, così per temperatura dee prendersi la temperatura assoluta nel senso indicato dalla nota precedente:

2. *Corollario.* Se un corpo senza cangiar di massa e di calore assoluto, cresca in capacità, scemerà in temperatura; e se la capacità scemi, la

temperatura crescerà. Così nel recipiente poc' anzi accennato se s' aumenta la larghezza, convien che l' acqua s' abbassi, e viceversa.

3. *Proposizione II.* Si mescolino fra loro due corpi di diversa massa, capacità, e temperatura; cercasi la temperatura comune a cui si ridurranno nella miscela.

Ritenute le denominazioni precedenti, siano A', a' i calori assoluti de' due corpi dopo la miscela, T' la temperatura comune dopo la miscela. Avremo per la Prop. I. $A : a :: MCT : mct$ ed $A' : a' :: MCT' : mcT'$. Quindi . . . . . $A - A' : a' - a :: MCT - MCT' : mcT' - mct$. Ma $A - A' = a' - a$, poichè quanto di calore assoluto perde il primo corpo, altrettanto ne guadagna il secondo. Dunque $MCT - MCT' = mcT' - mct$, onde $T' = \frac{MCT + mct}{MC + mc}$. Il che si cercava.

4. *Coroll. I.* Se le due sostanze mescolate abbiano eguali capacità, sarà $T' = \frac{MT + mt}{M + m}$; che è la formola di *Richmann* per determinar la temperatura di due masse d' acqua o d' altre sostanze mescolate fra loro a diverse temperature.

5. *Coroll. II.* Dall' equazione $MCT - MCT' = mcT' - mct$ deducesi . . . . . .

$$C : c :: m(T' - t) : M(T - T')$$

cioè le capacità de' due corpi sono in ragion composta dell' inversa delle masse, e dell' inversa dei cangiamenti di temperatura che le due sostanze subiscono nella mescolanza. Che è la regola del

Dr.

Dr. *Irvine* per rintracciare i calori comparativi de' corpi.

6. *Coroll. III.* Se la mescolanza si faccia a masse uguali, sarà $C : c :: T' - t : T - T'$; cioè le capacità sono semplicemente in ragione inversa de' cangiamenti che subiscon le loro temperature. Così se due recipienti parallelepipedi d' eguale lunghezza, ma di larghezze diverse, e diverse altezze d' acqua, si faccian comunicar tra di loro, l' acqua nel comporsi al comune livello subirà maggior mutazione d' altezza nel recipiente più angusto che non nel più largo.

7. *Coroll. IV.* Nella medesima ipotesi se le capacità delle due sostanze mescolate saranno uguali, la temperatura del misto riescirà media aritmetica fra le due prime temperature; se la capacità del corpo più caldo sarà maggiore, la temperatura del misto riuscirà più alta della media; e se minore, più bassa.

Infatti se $C = c$ viene $T' - t = T - T'$; onde $T' = \frac{T + t}{2}$, e similmente dimostransi gli altri casi.

8. *Scolio I.* Quantunque le lettere T, T', t segnino le temperature assolute, pure in questa Proposizione e ne' suoi Corollarj si possono in loro scambio intendere ancora le temperature relative. Infatti se in luogo delle temperature assolute T, T', t si sostituiscano le temperature relative corrispondenti, che sono $T - z$, $T' - z$, $t - z$ (chiamando z il numero de' gradi compreso tra lo zero naturale e lo zero della Scala termometrica) tutte le equazioni di questa Proposizione sussistono ugualmente. Dunque ec.

9.

9. *Scol. II.* Egli è palese che la Proposizion precedente si applica a quelle miscele nelle quali ciascun de' due corpi ritiene senza alterazione la propria capacità. Passeremo ora ad esaminar quelle nelle quali le due sostanze esercitando una scambievole azion chimica, si alterano vicendevolmente nella natura loro, e però nella capacità.

10. *Proposizione III.* Si mescolino fra loro due sostanze di tal natura, che nella miscela le loro capacità vengano alterate; cercasi la temperatura della miscela.

Oltre le denominazioni già stabilite, siano C^1, c^1 le nuove capacità de' due corpi dopo la miscela. Sarà (Prop. I.) $A : a :: MCT : mct$, ed $A^1 : a^1 :: MC^1T^1 : mc^1T^1$ onde $A - A^1 : a^1 - a :: MCT - MC^1T^1 : mc^1T^1 - mct$ ed essendo $A - A^1 = a^1 - a$ sarà $MCT - MC^1T^1 = mc^1T^1 - mct$ onde $T^1 = \frac{MCT + mct}{MC^1 + mc^1}$. Il che era a trovare.

11. *Coroll. I.* Se le due sostanze mescolate abbiano la stessa temperatura, onde sia $T = t$, sarà $T^1 = \frac{T(MC + mc)}{MC^1 + mc^1}$ ossia sarà

$$T^1 : T :: MC + mc : MC^1 + mc^1.$$

12. *Coroll. II.* Sarà dunque $T^1 = T$ se sia $MC + mc = MC^1 + mc^1$ ossia se $C - C^1 : c^1 - c :: m : M$. Che è dire, non si produrrà calor nè freddo sensibile nella miscela, se le mutazioni di capacità che accadono ai due corpi siano in ragione inversa delle loro masse. Ma se la ragione di $C - C^1$ a $c^1 - c$ sia maggiore della ragione di m ad M, allora riuscirà T^1 maggiore di T, ed avrassi sviluppo di calore. E viceversa. 13.

13. *Coroll. III.* Dalla proporzione $T' : T :: MC + mc : MC' + mc'$ deducesi $T : T' - T :: MC' + mc' : MC + mc - MC' - mc'$ onde $T = \frac{(T' - T)(MC' + mc')}{MC + mc - MC' - mc'}$. Quindi il modo di determinare la temperatura assoluta, e però l' infimo grado di calore, ossia lo zero naturale della scala termometrica. Infatti osservata in una di queste miscele la mutazion di temperatura $T' - T$, e di più esplorate le capacità delle due sostanze sì prima che dopo la mescolanza, è chiaro che per la formola precedente si conoscerà la temperatura assoluta T.

14. *Coroll. IV.* Accade sovente che le due sostanze si riuniscono in una, ed acquistan per ciò una comune capacità. Tale è la miscela del gas ossigeno coll' idrogeno, dell' acido sulfurico coll' acqua, ed altre moltissime. Per tali miscele serve pure la stessa formola, bastando il fare $C' = c'$.

15. *Coroll. V.* E se di più le sostanze mescolate avranno eguali masse, ed eguali temperature, onde sia ancora $M = m$, e $T = t$, avremo (Cor. I.) $T' : T :: \frac{C + c}{2} : C'$; ossia sarà la temperatura dopo la miscela, alla temperatura prima della miscela, come la capacità media tra le capacità delle due sostanze, alla capacità del misto.

16. *Coroll. VI.* Se dunque la capacità del misto sia appunto la media tra le capacità delle due sostanze mescolate, non si avrà calor nè freddo sensibile. Se la capacità del misto sia minor della media, si avrà calor sensibile; se maggiore, al contrario.

NOTA III. Pag. 10.

Al §. Riferisce Pallas.

D'assai più basso si credette dapprima il punto della congelazion del mercurio. La congelazion del mercurio apparve la prima volta senza equivoco nelle famose sperienze di *Braun* * eseguite a Pietroburgo nel crudissimo inverno del 1759. A forza di miscele frigorifiche si giunse a far discendere il termometro di Farh. a — 244, a — 352 e una volta per sino a — 559. Rompendo il bulbo del termometro chiaramente si ravvisò la fissazion del mercurio racchiusovi, e si riconobbe la sua malleabilità. Restava tuttavia indeterminato il preciso grado di freddo a cui questa fissazione incomincia: ma parea potersi dedurre da queste sperienze medesime che questo grado dovesse esser bassissimo, ed almeno 100 gradi distante dallo zero. *Crawford* nella prima edizion di quest' opera dietro il sentimento di *Black* ed *Irvine* lo fissava a — 148°.

Ma uno sconosciuto ed inaspettato fenomeno induceva in queste sperienze un equivoco non avvertito. Il mercurio nell' atto del divenir solido si contrae tutto ad un tratto di circa $\frac{1}{23}$ del suo volume. Da quel punto il termometro cessa d' essere giusta ed adeguata misura del freddo; poichè il suo abbassamento non è più effetto del solo freddo, ma di quella improvvisa contrazione.

* V. Nov. Comment. Petrop. Tom. XI.

ne. Nè si può già porre a calcolo e separar dall' effetto totale quella parte che nasce dalla contrazione; poichè siccome la massa del mercurio non divien solida tutta ad un tempo, ma parte a parte, così ancora la contrazione cresce rapidamente bensì, ma gradatamente, e sono sconosciuti i gradi del suo avanzamento.

Il celebre *Epino* compagno delle sperienze di *Braun* avea veramente avvertito, che entro la cavità del termometro la superficie del mercurio divien concava nel mezzo; ed avea pure osservato che i pezzi di mercurio solido non galleggiano nel mercurio corrente, ma vanno a fondo. Malgrado queste due osservazioni che potean dare un forte indizio della straordinaria contrazione che soffre il mercurio nel fissarsi, *Braun* proseguì sempre a riguardare l' abbassamento del termometro come la misura del freddo.

Le sperienze fatte nel 1783 da *Hutchins* alla baja d' Hudson rimossero al fine ogni equivoco, e determinarono senza replica il freddo per cui il mercurio si fissa, al grado — 40, o piuttosto al — 39 di Farh. Si può vedere nelle Transazioni Filosofiche di quell' anno il dettaglio di queste belle sperienze, e la spiegazione di nuovi ed inaspettati fenomeni che esse presentano. Ultimamente *Walker* * è riuscito nel temperato clima d' Inghilterra a congelare il mercurio senza ajuto di neve nè di ghiaccio, col solo freddo prodotto dalla soluzion de' sali nell' acqua.

NO-

* Trans. Fil. 1789.

NOTA IV. Pag. 23.

Al §. *Questa irregolarità*.

Quì è palese un leggero abbaglio dell' Autore. Dall' essere la temperatura del misto alcun poco minore della media aritmetica, è a conchiudere che le contrazioni del mercurio camminano in *minor* proporzione che non fanno le diminuzioni di calore. E così appunto ne conchiuse *Deluc* *. E che per l' opposto le dilatazioni del mercurio camminano in maggior proporzione che non fanno gl' incrementi del calore; cosicchè un doppio incremento di calore cagiona nel termometro un alzamento alquanto maggiore del doppio.

NOTA V. Pag. 33.

Al §. *Tenendo conto*.

L' aberrazione indicata da *Cavendish* non è veramente di gran rimarco, fuorchè per le temperature molto alte, e per le delicate osservazioni, nelle quali si tien conto persino delle frazioni di grado. Siccome tali per appunto sono quelle di cui quì si tratta, gioverà accennar brevemente come si possan correggere le osservazioni termometriche, per le quali si esplora la temperatura d' un liquido tuffandovi entro il bulbo e qualche parte del tubo.

Il

* V. Recherches sur les modifications de l' Atmosphere. Part. II.

Il numero de' gradi della colonna di mercurio che sporge fuori del liquido si moltiplichi per la differenza che è tra la temperatura del liquido, e quella dell' ambiente che attornia il tubo; e il prodotto dividasi per 11500. Il quoziente indicherà quel numero di gradi che dee aggiungersi al grado segnato dal termometro, per avere la vera temperatura del liquido. Salga p. e. il termometro a gr. 475 e sia l' ambiente che attornia il tubo a gr. 100; la colonna poi che sporge fuor del liquido comprenda gr. 450. Il prodotto 450×375 diviso per 11500 dà gradi 14, 7. Aggiungendo questi ai gr. 475 segnati dal termometro, avremo 189, 7 vera temperatura del liquido, che il termometro avrebbe pure indicata, se tutto il mercurio immerso entro il liquido avesse potuto concepirne il calore.

Il fondamento della regola consiste in questo dato sperimentale, che il mercurio per ogni grado di calore si dilata di $\frac{1}{11500}$. Quindi la colonna sporgente per 375 gradi di più dee dilatarsi di $\frac{375}{11500}$ della sua lunghezza. Ed essendo questa lunghezza di gr. 450, l' allungamento totale sarà gradi $\frac{450 \times 375}{11500} = 14, 7$.

Può fare imbarazzo la difficoltà di accertar con precisione la differenza di temperatura tra il liquido che circonda il bulbo, e l' atmosfera che attornia il tubo; tanto più che la precisa temperatura del liquido è ignota, ed è quella appunto che

che cercasi. Ma nella presente ricerca basta che questa differenza di temperatura sia valutata all' ingrosso, e per una estimazione approssimata; qualche grado di più o di meno in questa determinazione non porterebbe un divario sensibile nel risultato.

Applicchiamo ora questa correzione alla Sperienza VIII. di *Crawford*. Il termometro in questa Sperienza si tenne più basso del giusto, perchè non tutto il tubo ma il solo cilindro potè concepire la temperatura dell' apparato. Correggendo quest' aberrazione nella guisa testè accennata, troveremo che in vece di fermarsi a 121°, il termometro dovea salire incirca a 121, 5. Di più *Crawford* ne assicura che il suo termometro immerso tutto nel vapor dell' acqua bollente salì di gr. 1, 75 oltre il punto d' ebullizione. Dunque il vero punto d' ebullizione al tempo dell' esperienza invece di corrispondere a 212° corrisponde realmente a 213, 75. E questa correzione essendo dedotta da un osservazione immediata comprende ancora quella che ha luogo in grazia delle diverse altezze barometriche.

Ora il grado medio aritmetico fra 32 e 213, 75 è 122, 875. Il termometro non salì che a 121, 5. Dunque si tenne più basso di gr. 1, 375. Dal che si vede che tenendo conto dell' aberrazione indicata da *Cavendish*, la deviazion del termometro dal grado medio si riconosce alcun poco maggiore di quella che apparisce dall' osservazione immediata.

Ciò recherà maraviglia, giacchè *Crawford* as-

se-

serisce positivamente il contrario. Ma non si può dubitare ch' egli non abbia quì preso un equivoco, forse perchè avendo corretto il gr. 121 del suo termometro secondo la regola di *Cavendish*, dimenticò poi di corregger similmente il gr. 212. Certo riconosce egli stesso che ne' termometri graduati secondo il metodo comune gli alzamenti del mercurio debbon crescere in minor proporzione che non fanno gl' incrementi del calore. Or da ciò segue che nelle miscele siffatti termometri debban tenersi più alti del grado medio. Onde non è già l' aberrazione indicata da *Cavendish* che influisca a tener il termometro nelle miscele più basso del grado medio. Essa anzi lo porterebbe più alto.

Vale la stessa riflessione per le altre sperienze fatte col mescolare eguali volumi d' acqua a differenti temperature. Se quelle sperienze si correggano colla regola di *Cavendish*, il difetto dal grado medio riescirà alquanto maggiore. E se nelle sperienze di *Deluc* questo difetto apparve sempre più grande che non in quelle di *Crawford*, una delle cagioni del divario è questa appunto, che i termometri di *Deluc* graduati con metodo diverso dal comune * non abbisognavano di correzione.

Qual è dunque il risultato generale di tutte queste sperienze? Nelle miscele il termometro a mercurio scende alquanto più basso del grado medio. L' aberrazione non è sì grande quale risulta dalle sperienze di *Deluc*, per le ragioni addotte dall' Auto-

* V. Trans. Fil. 1777.

Autore a pag. 36. è però alcun poco maggiore di quella che apparisce nelle sperienze di *Crawford*.

Or di quì segue che gli alzamenti del mercurio camminano con una proporzione un pò maggiore di quella degl' incrementi di calore; che un doppio incremento di calore produce un alzamento un pò maggiore del doppio. Nel che segue il mercurio l' indole degli altri liquidi termometrici, degli olj, dell' acqua, dello spirito di vino, e d' altri, i quali pei primi gradi di calore si dilatano meno, per gli altri più e più con una proporzione molto crescente ne' gradi ultimi.

Ben è vero che nel termometro a mercurio l' aberrazione dal grado medio è assai piccola: quindi il suo andamento se non è rigorosamente proporzionale a quello del calore, lo è però con grandissima approssimazione, e tale che ci autorizza a riguardare questo termometro come una giusta e precisa misura del calore.

Ma non si dimentichi un avvertenza importante. Le sperienze sia di *Deluc* sia di *Crawford* non assicurano la regolarità del termometro a mercurio, fuorchè nel tratto della scala compreso tra i punti del gelo e dell' ebullizione. Sarebbe a desiderare che per analoghe sperienze si mettesse a prova l' andamento del termometro a mercurio nelle altre parti della scala. Ma frattanto non possiamo con piena sicurezza supporre i gradi del termometro proporzionali agli accrescimenti del calore, fuorchè per le temperature che cadono entro i limiti sovraccennati.

NOTA VI. Pag. 38.

Alla *Proposizione I.*

Questa Proposizione si può dimostrar brevemente così. Siano A, a i calori assoluti delle due masse che si mescolano; sia A' il calore che dalla prima trasfondesi nella seconda. Dopo la miscela il calor della prima sarà $A - A'$, e quel della seconda $A' + a$. Ma dopo la miscela le due masse riducendosi ad eguale temperatura e capacità debbon contenere egual quantità di calore assoluto. Dunque $A - A' = A' + a$. Dunque $A' = \frac{A - a}{2}$. Il che era a provare. Questa dimostrazione abbraccia egualmente tutti i casi.

La Proposizione II. che segue è stata dimostrata quì sopra nella Nota II. al §. 7.

Dal §. 5 della medesima Nota II. deducesi un metodo semplicissimo per esplorare se le capacità de' corpi siano permanenti, col mescolar questi corpi coll' acqua a diverse temperature, ed osservar la temperatura del misto. Sia M, C, T la massa, la capacità, la temperatura del corpo che prendesi ad esaminare; m, c, t quella dell' acqua; T' la temperatura del misto. Abbiamo $C = \frac{m\,c\,(T' - t)}{M\,(T - T')}$. Si facciano più sperienze ritenendo per costante la temperatura dell' acqua t, ma facendo variar quella del corpo T. E si rileverà facilmente se il valor di C riesce costante, o se varia insieme con T. A ciò riducesi il me-

metodo praticato dall' Autore, ed accennato più sotto a pag. 45.

NOTA VII. Pag. 46.

Al §. *La confidenza.*

Nulla più ragionevole della confidenza che i fisici soglion riporre nell' argomento d' induzione: ma in questo caso, à dir vero, l' induzione sembra troppo incompleta per servire di sicuro fondamento a questa proposizion generale, che le capacità de' corpi siano permanenti in qualunque temperatura. Il che apparirà chiaramente dalle riflessioni che seguono.

I. Delle sostanze solide l' Autore non ha posti a cimento che alcuni metalli, ed alcuni ossidi metallici, nè li ha cimentati fuorche nelle temperature intermedie fra il gelo e l' ebullizione dell' acqua. E nelle sue sperienze riconosce egli medesimo non poche aberrazioni dalla supposta legge delle capacità permanenti.

II. Dei fluidi l' acqua sola è stata sottoposta agli sperimenti dell' Autore; fluido di cui le temperature sono ristrette entro una scala limitatissima. Ora dall' esser permanente la capacità dell' acqua si può egli dedurre una simile permanenza di capacità negli altri fluidi? Chi ragionasse così non potrebbe ad egual diritto affermare che le dilatazioni di tutti i fluidi sono proporzionali agl' incrementi di calore, perchè tali sono quelle del mercurio?

In-

Infatti nell' olio di lino, nell' alcool, nell' acido sulfurico diluito, *Crawford* medesimo * ha riscontrati degl' indizii di capacità variabile crescente insieme colla temperatura.

Che più? limitandoci all' acqua medesima, ed esaminando attentamente le sperienze dell' Autore, noi vi troviamo, se non erro, un indizio per credere che la capacità dell' acqua cresca alcun poco al crescere della temperatura. Infatti nelle miscele il termometro a mercurio si tien veramente alquanto più basso del grado medio, siccome appunto richiede la legge delle sue dilatazioni, le quali, come abbiam veduto, crescono in maggior ragione che non fanno gl' incrementi del calore. Ma se esamineremo attentamente questa aberrazione del termometro dal grado medio, la troveremo minore di quella che dovrebbe essere attesa la Sperienza VIII. Dunque nelle miscele il termometro si tiene alcun poco più alto del punto a cui dovrebbe tenersi stante la dilatabilità del mercurio; dunque la capacità dell' acqua cresce alcun poco al crescere della temperatura.

III. Nella classe sì numerosa de' fluidi aeriformi, sia permanenti, sia fugaci, non abbiam la minima prova, che ne assicuri la permanenza delle capacità. Abbiamo anzi de' forti indizj in contrario, e ben lo ha riconosciuto l' Autore **. Le belle e curiose sperienze di *Darwin* *** fanno vedere che l' aria qualunque volta si espande rare-

* Vedi pag. 22. e pag. 336. e segg.

** Vedi pag. 50. e pag. 178.

*** Transaz. Filos. 1788. pag. 43.

facendosi, produce freddo sensibile, ond' è a dedurre, che essa in quell' atto cresca di capacità. Così nell' esplosione dello schioppo pneumatico, l' aria che si sprigiona, se urta nella palla d' un termometro, fa discendere il mercurio di molti gradi. Così scende il termometro nel recipiente pneumatico all' atto dell' esaustione; e scende pur nuovamente all' atto che si rimette l' aria nel recipiente, se questa introduzione facciasi con rapidità; perchè il volume dell' aria introdotta spargendosi pel vuoto recipiente, si rarefà e si dilata subitamente. In una specie di fontana d' Erone che serve ad una miniera a Chemnitz nell' Ungheria, una mole d' aria che da una compresion violenta sprigionasi tutto a un tratto, produce un freddo sì vivo, che i vapori in essa disciolti si condensan subito in piccoli fiocchi nevosi, o in ghiacciuoli, e presentano un vago e curioso spettacolo. * Or tutto ciò porta a credere che i fluidi aeriformi acquistino capacità nel diradarsi. E siccome pel calore si dilatano, così è a credere che la loro capacità cresca insieme colla temperatura.

Per altro queste sperienze medesime fanno palese, che l' aumento di capacità non dipende immediatamente dall' aumento di temperatura, ma bensì dal diradamento ossia dalla dilatazione del corpo in maggior volume. Il che s' accorda ottimamente coll' ipotesi di quei fisici, i quali risguardano il calore come un fluido sottilissimo, che spandesi per ogni dove, e riempie i vuoti in-

* Vedi Trans. Filos. 1762.

interstizj delle molecole elementari de' corpi. Ciò posto, è naturale che in parità di tutto il resto, quanti più saranno questi interstizj, tanto maggior quantità di calore assoluto richiederassi all' oggetto che esso possa restarvi allo stesso grado di compressione in cui prima trovavasi; dal qual grado di compressione questi fisici fanno dipendere la più o meno elevata temperatura de' corpi.

Se la capacità de' corpi cresce pel diradamento, essa al contrario scemerà per la contrazione e ristringimento de' medesimi; e nell' improvvisa contrazione prodotta da una percossa o da una compression violenta, la diminuzione di capacità si renderà manifesta con uno sviluppo di calor sensibile. Questa è forse la più probabile origine che siasi potuta assegnare al calore prodotto dall' attrito, fenomeno quanto volgare ed ovvio, altrettanto difficile a spiegare. L' attrito o la gagliarda percossa ristringendo subitamente il volume del corpo, ne spreme il calorico (così si esprime qualche fisico) come stringendo una spugna se ne spreme l' acqua. Ossia, per usare espressioni un pò meno ipotetiche, il ristringimento diminuendo alcun poco la capacità, produce uno sbilancio nel calorico, e ne rende sensibile quella porzione, che sovrabbondando alla diminuita capacità rapidamente si svolge.

Che dovrem dunque conchiudere da tutto ciò? 1°. Nell' acqua, ed in alcuni metalli ed ossidi metallici le capacità sono permanenti, almeno nelle temperature intermedie fra 32 e 212, e se

non a tutto rigore, almeno prossimamente. 2°. Per altro la general legge adottata dall' Autore, che le capacità di tutti i corpi siano permanenti, va soggetta a moltissime eccezioni. 3°. L' induzione anziche favorir questa legge, porterebbe piuttosto a credere che generalmente parlando le capacità de' corpi crescano insieme colla temperatura. 4°. Quest' aumento di capacità però non dipende già immediatamente dalla temperatura, ma piuttosto dalla dilatazione del corpo in maggior volume, la quale, ove nulla osti, va naturalmente congiunta coll' aumento di temperatura. E se nell' acqua e ne' solidi la variazione delle capacità è sì poco sensibile, ciò è forse perchè la loro espansion pel calore è piccolissima. 5°. Per opposto la contrazione e ristringimento di volume induce ne' corpi diminuzion di capacità; e quindi forse l' origine del calore prodotto dall' attrito.

Le due prime proposizioni possono aversi per certe; le altre sono tuttora non più che probabili; è a desiderare che si moltiplichino le sperienze all' oggetto d' assicurarne la verità.

NOTA VIII. Pag. 48.

Al §. *Si trova adunque.*

Indipendentemente dalle sperienze di *Martine* e di *Musschembroek* parmi che le sperienze medesime di *Newton* smentiscano la legge da lui proposta, e provino che i decrementi del calore sce-

scemano in maggior proporzione che non fanno i calori residui. Il metodo adoperato da *Newton* riducesi a quanto segue *. Lasciò raffreddar poco a poco un ferro rovente, e durante il raffreddamento ne andava esplorando il calore residuo per mezzo d' un termometro a olio di lino: egli trovò che in eguali intervalli di tempo, i calori residui andavan scemando in ragion geometrica, e conseguentemente i decrementi di calore scemavano essi pure in ragion geometrica. Ma convien riflettere che il termometro ad olio di lino non è un accurata misura del calore; le dilatazioni dell' olio crescono in ragione sensibilmente maggiore di quel che crescano gl' incrementi di calore; quindi ove il termometro di *Newton* segnava i calori residui scemanti in proporzion geometrica, essi realmente scemavano in proporzion minore. Quindi i decrementi del calore scemavano in ragion maggiore de' calori residui, ossia degli eccessi della temperatura del corpo sopra quella dell' ambiente.

Per altro è a confessare che le sperienze che abbiam fino ad ora sul riscaldamento e sul raffreddamento de' corpi sono troppo discordanti fra loro per poterne dedurre alcuna conseguenza generale e sicura. Per un corpo solo ed isolato che si raffreddi al contatto d' un freddo ambiente, *Newton* avea proposto la legge pur ora mentovata, che le perdite di calore fatte in eguali tempetti siano proporzionali all' eccesso della temperatura del corpo sopra quella dell' ambiente. Le

* Transaz. Filos. 1702.

sperienze di *Lambert* e di *Richmann* * si uniformano a questa legge; quelle di *Martine* e di *Musschembroek* se ne scostano sensibilmente, ed appoggiano una legge alquanto diversa; le più recenti di *Erxleben* e di *Achard* ** si scostano dall' una legge e dall' altra, e presentano delle inaspettate anomalie difficilissime a spiegare. Per due corpi di simil natura, ma di diversa mole, lo stesso *Newton* *** avea proposta l' altra legge, che il raffreddamento dovesse essere in ragion diretta delle superficie ed inversa delle masse, ossia in ragione inversa de' diametri. *Martine* e *Richmann* trovaron vera questa proposizione; *Buffon* **** la trovò falsissima, ed osservò che il corpo maggiore stenta più a raffreddarsi di quel che porterebbe il suo diametro. Finalmente per più corpi eterogenei, *Buffon* dietro un grandissimo numero di sperienze eseguite sopra molti metalli, varie pietre, ed alcuni legni, crede poter conchiudere che fra le sostanze fusibili quelle si raffreddino più prontamente che sono più fusibili; fra le sostanze refrattarie quelle si raffreddino più prontamente che son meno dense. Così i metalli più perfetti disposti secondo la loro facilità a concepire, a trasmettere, ed a perdere il calore sieguon secondo lui quest' ordine: stagno, piombo, argento, oro, rame, e ferro.

Ma

* *Lambert* Tentam. Helvet. Vol. II.
Richmann Nov. Comment. Petrop. Tom. I.
** *Erxleben* V. Opuscoli Scelti di Milano Tom. III.
Achard Mem. dell' Accad. di Berlino 1785.
*** *Newton* Princip. Lib. III. prop. 41.
**** *Buffon* Supplemento T. I.

Ma d' altra parte *Ingenhousz* * per altre sperienze istituite con un semplice ed ingegnosissimo metodo immaginato da *Franklin* trova quest' ordine in tutto diverso: argento, rame, oro, ferro, stagno, piombo. Ognun vede che malgrado le tante sperienze che abbiamo su questa difficil materia, siamo tuttora ben lontani dal fissare una legge generale, e molto più dal poter affermare che tutti i corpi nel raffreddarsi seguono invariabilmente le stesse leggi.

L' argomento adunque tratto dalle leggi del raffreddamento non ha molta forza a provare che le capacità siano permanenti. Tanto più che quand' anche la legge del raffreddamento fosse uniforme per tutti i corpi, non se ne potrebbe tosto dedurre che le capacità sono permanenti, ma solo che il loro rapporto colle temperature è uniforme per tutti i corpi; la quale uniformità di rapporto non è poi tanto improbabile quanto pretende l' Autore, almeno per quei corpi i quali non differiscon molto nella loro dilatabilità pel calore.

NOTA IX. Pag. 54.

Al *§. Determinata adunque.*

Una stessa dose di calore assoluto se venga introdotta in due corpi d' egual massa, ma di capacità diversa, vi produce tanto minore alzamento di temperatura quanto è maggiore la capacità. La quantità di calore assoluto che viene

* V. Opuscoli Scelti di Milano Tom. VI.

assorbita da una libbra di ghiaccio che si fonde, è uguale a quella che si sviluppa da una libbra d' acqua che si congela; ma siccome nel primo caso questo calore assoluto resta nell' acqua, sostanza di maggiore capacità; e nel secondo caso resta nel ghiaccio, sostanza di capacità minore; egli è chiaro che nel primo caso essa produrrà minore alzamento di temperatura, e comparirà di minor numero di gradi, che non fa nel secondo. E la capacità dell' acqua starà a quella del ghiaccio, come sta il numero de' gradi di calore sviluppati dall' acqua nel congelarsi, al numero de' gradi di calore assorbiti dal ghiaccio nel fondersi.

Ciò posto s' intende senza difficoltà l' ingegnoso metodo proposto quì dall' Autore a rintracciare il calor comparativo del ghiaccio: metodo però che se io mal non m' appongo, poggia sopra basi troppo precarie, per non dire affatto inammissibili. Chi potrà concedere a *Crawford* che la quantità di ghiaccio formata istantaneamente per lo scuotimento, sia proporzionale al numero de' gradi sotto il gelo a cui è calata la temperatura dell' acqua? Non ne seguirebbe egli che alla precisa temperatura del gelo niuna parte dell' acqua per qualunque scuotimento non potrebbe agghiacciarsi?

NOTA X. Pag. 56.

Al §. Deluc.

L'apparato che servì alle sperienze di *Watt* è assai semplice. Da un vaso d'acqua bollente sorge alla cima un tubo metallico lungo 5 in 6 piedi, e coll'estremità curvata all'ingiù va ad immergersi in un vaso pieno d'acqua alla temperatura dell'ambiente, coperto e difeso per ogni parte ad oggetto d'impedire l'evaporazione dell'acqua e il dissipamento del calore per l'atmosfera. Il vapore si condensa in gocciole entro del tubo, e queste scolano in un piccol vaso comunicante col tubo stesso. E' chiaro che si può così rilevar precisamente il peso del vapor condensato, e dall'aumento di temperatura che osservasi nell'acqua ambiente si può facilmente argomentare quale sarebbe stato l'aumento di temperatura, se il calore svolto nella condensazion del vapore, invece di spandersi per la massa dell'acqua, fosse rimasto trattenuto e raccolto nell'acqua stessa in cui s'è convertito il vapore. Or questo aumento di temperatura trovasi di gr. 943. circa di Farh. Per un dettaglio più circostanziato delle minute avvertenze che si richieggono a questa sperienza, veggasi l'opera di *Deluc* citata nel testo.

NOTA XI. Pag. 58.

Al §. *Da questi fatti.*

Non posso non ricordare a questo proposito una bella ed interessante scoperta dovuta al celebre fisico Italiano *Alessandro Volta*; per cui la legge quì annunziata dell' assorbimento del fuoco elementare nella evaporazione, e del suo successivo sviluppo nella condensazion de' vapori, viene ad estendersi ancora al fuoco elettrico. I corpi nell' atto che si convertono in vapori assorbiscono e ritengon latente molta elettricità necessaria alla loro esistenza in istato di vapore; quando poi nuovamente si convertono in liquidi, allora ricomparisce e si svolge l' elettricità assorbita.

Le prime sperienze che condussero a questa insigne scoperta, le istituì il ch. *Volta* in Parigi in compagnia degl' illustri fisici *Lavoisier* e *Laplace*. Le ripetè appresso in Londra insieme coi fisici Inglesi *Cavallo* e *Bennet*. Indi e *Saussure*, e *Volta* medesimo, e i dotti Inglesi pur or nominati, avendole e moltiplicate e variate in più guise, giunsero ad assicurarne compiutamente il risultato, e a toglier di mezzo le apparenti anomalie che sembravano contraddirlo *. Il processo di queste sperienze è semplicissimo. Il vaso che contiene il li-

* V. Mem. dell' Accad. Par. 1781.

Volta Memoria sul condensatore. Opusc. scelti di Mil. Tom. VII.

Volta Lettere sulla Metereologia Elettrica. Nella Biblioteca Fisica di *Brugnatelli*. Tom. I. e segg.

Saussure Voyage dans les Alpes. Tom. III.

liquido, che svapora si colloca sopra un sostegno isolante; indi si adatta un filo o una catenella metallica così che con un de' suoi capi comunichi col vaso, coll'altro metta ad un condensatore, o ad un elettrometro delicatissimo. Nel corso dell' evaporazione si hanno costantemente degl' indizj più o meno palesi d' elettricità negativa. Segno che dunque i vapori che si formano assorbiscono dell' elettricità e ne spogliano i corpi circonvicini.

L' evaporazione dell' acqua bollente non manca mai di palesare copiosa elettricità negativa. Ma dall' evaporazione scompagnata da bollimento *Saussure* mai non riuscì ad ottenere elettricità sensibile. Egli lo tentò invano in più guise, ora coll' esporre al fuoco de' panni lini bagnati, ora collo scaldare uno strato di terra inumidita. Anzi dall' acqua bollente in un largo vaso sboccato e poco profondo ne ebbe pochissima, ed assai meno che non dall' acqua stessa bollente in un vaso più stretto e più profondo. *Volta* però riuscì ad ottener senza equivoco l' elettricità negativa anche dalla semplice effumazione dell' acqua calda. Non è però maraviglia che in questo caso l' elettricità negativa sia poca, e stenti a rendersi sensibile. L' evaporazione allora essendo superficiale, i vapori si staccan troppo sollecitamente, nè han tempo d' assorbir dal fluido o dal vaso tutta quella elettricità di più, di cui abbisognano: ond' è che salgono bensì elettrici negativamente essi medesimi, ma tale non rendono il vaso con cui comunicano.

Anche l' evoluzione del gas acido carbonico nel-

nella combustion de' carboni produce senza equivoco e costantemente elettricità negativa.

Spruzzando d' acqua fredda una lastra d' argento infocata, *Saussure* ottenne, come era ad aspettare, elettricità negativa. Ma spruzzando in simil guisa un ferro infocato, o veramente tuffando il ferro stesso nell' acqua, l' elettricità comparve bensì, ma inaspettatamente si mostrò positiva; segno non d' assorbimento, ma anzi di sviluppo d' elettricità. Il rame presenta lo stesso fenomeno. Quest' anomalia non è che apparente, e si rivolge a conferma della Teoria. Il ferro e il rame si ossidano; e dell' acqua spruzzatavi sopra, una parte è vero svapora, ma un altra parte si decompone; nella decomposizione dell' acqua il gas idrogeno si sviluppa, ma il gas ossigeno per lo contrario si fissa; e s' intende benissimo come per quest' ultima circostanza possa svilupparsi tanta elettricità, che non solo compensi, ma vinca la perdita dell' elettricità assorbita e dal vapore acqueo, e dal gas idrogeno che si svolge.

L' elettricità assorbita nella formazion de' vapori, ricomparisce nella condensazion de' medesimi. *Bennet* fu il primo a conseguirne una prova sperimentale per mezzo del suo mobilissimo elettrometro. Raccogliendo i vapori esalati da un braciere di carboni accesi, in un grande imbuto di carta, nella cima di quest' imbuto, ove salendo i vapori si condensavano, egli ebbe indizj palesi d' elettricità positiva. Appresso *Volta* ne ebbe ancor de' più forti, o coi vapori de' carboni, o con quelli dell' acqua bollente, o con quelli dell' acqua

qua semplicemente riscaldata e fumante. Questi vapori spandendosi per la camera salgono verso la soffitta ed ivi si condensano. Ed ivi appunto esplorata coi più acconci mezzi l' elettricità, rilevasi chiaramente positiva.

Ella è dunque una fisica verità incontrastabile, che il vapore acqueo, e tutti generalmente i fluidi aeriformi nell' atto che si formano o si sviluppano, assorbiscono il fuoco elettrico e ne spogliano i corpi circonvicini; che al contrario questi vapori e gas nell' atto che si condensano, svolgono l' assorbita elettricità, e la trasfondon ne' corpi comunicanti. Per tal guisa i corpi nel passare dallo stato liquido allo stato aeriforme, come crescono in capacità per contenere il calore, così crescono in capacità per contenere il fuoco elettrico, e nel contrario passaggio scemano sì nell' una che nell' altra capacità; e in somma soffrono rispetto al fuoco elettrico in essi ospitante quelle stesse alterazioni e vicende che soffron rispetto al fuoco elementare.

Questa scoperta ci svela a un tratto l' ascosa origine dell' elettricità naturale dell' atmosfera. L' origine dell' elettricità atmosferica è stata fino a questi ultimi tempi un mistero. Alcuni fisici si argomentarono di ripeterla dal reciproco attrito de' vapori e dell' aria; ma quest' opinione non regge ad un attento esame *. *Beccaria* riconobbe la necessità di ammettere che l' elettricità svolgasi dal suolo, e ascenda per l' atmosfera, onde ridiscenda nel suolo con un giro perenne; ma non potè asse-

* V. *Brugnatelli* Bibliot. Fisica. Tom. IX. e X.

segnar le cause che muovono e mantengono questo giro: molto egli fantasticò e molto ingegnosamente, * ma con poco frutto dell' opera. Ora dietro all' esposte sperienze egli è palese che l' elettricità atmosferica non è altra fuorche quella che i vapori salenti assorbiscon dal suolo, e portano in alto; essi la ritengon latente, finchè restano sciolti e dispersi; ma tostoche si condensano in nubi, o in gocce, allora l' elettricità assorbita ricomparisce, e per le pioggie, o per lo scoppio de' fulmini vien restituita alla terra. Quest' è l' origine dell' Elettricità naturale proposta da *Volta*, ed ammessa concordemente dai Fisici non prevenuti.

NOTA XII. Pag. 60.

Al §. *Quindi*.

Il metodo quì accennato da *Crawford* soggiace a molte difficoltà.

1°. Una stessa potenza raffreddatrice opera su diversi corpi diversamente. Toglierà più prontamente il calore all' uno che all' altro, se sia il primo migliore conduttor del calore che non è il secondo. Però i tempi della sottrazion del calore non posson dare indizio bastante della quantità del calore sottratto.

2°. Quand' anche la potenza raffreddatrice sottraesse il calore colla stessa prontezza, non avrà però sempre la stessa attività ad agghiacciare i due cor-

* V. *Beccaria*, Lettere sull' Elettricità naturale Atmosferica.

corpi che si confrontano. Diversi corpi agghiacciano a diverse temperature; alla temperatura 34 lo spermàceti agghiaccia, l'acqua si mantien fluida. Dal che si vede che il tempo dell'agghiacciamento dee dipendere non solo dalla quantità del calore sottratto, ma ancora dalla particolare natura e disposizione del corpo ad agghiacciare. Esposte ad una bassissima temperatura due masse uguali d'acqua, e di mercurio, egli è evidente che la prima dee congelarsi assai più rapidamente dell'altra, quand'anche il calore che essa sviluppa nella congelazione fosse per avventura più grande di quello dell'altra.

3°. Di più converrebbe potere raschiar via gli strati di ghiaccio a misura che si formano. Altrimenti egli è chiaro che la prima crosta di ghiaccio impedisce e ritarda il successivo agghiacciamento degli altri strati.

NOTA XIII. Pag. 76.

Alla *Sperienza II.*

Quì sono a notare due cose. In primo luogo uno sbaglio numerico, corretto il quale, la ragione della capacità dell'acqua a quella del vaso risulta in questa Sperienza di 7, 44 ad 1. Ciò merita d'essere rilevato, perchè posto questo sbaglio, più non sussiste l'osservazione che fa *Crawford* alla seguente pag. 78.

Chi prenderà la briga di ripassare i molti calcoli sparsi per questo libro, s'accorgerà d'altri simili

mili sbagli quà e là sfuggiti, o per errore di calcolo, o d' impressione. Era mio desiderio emendarli; ma siccome le tante volte non era possibile l' accertare se l' error fosse ne' dati, o ne' risultati del calcolo, io arrischiava di moltiplicare gli errori anziche diminuirli. Però ho dovuto contentarmi d' emendarne alcuni dei più decisi; e per il resto di presentare un edizione se non correttissima, almeno fedelmente conforme all' originale inglese. Ove però qualche errore numerico traesse a conseguenza di rimarco, non mancherei d' avvertirne.

In secondo luogo è necessario avvertire a scanso d' equivoco, che quì ed altrove le voci *capacità* e *calore comparativo* si prendono dall' Autore in un senso diverso da quello che l' Autore stesso loro assegnò nelle definizioni. Cercare la proporzione tra la capacità dell' acqua, e quella del vaso, nel senso della definizione *, è cercare la proporzione tra le quantità di calore assoluto contenute in eguali masse d' acqua, e di quella materia terrea che compone il vaso; ma quì si cerca la proporzione tra la quantità di calore contenuta precisamente nelle 32 once d' acqua, e nelle once 30 $\frac{1}{4}$ di materia che compongon l' intero peso del vaso. Onde la voce *capacità* quì si prende come complessiva ancor della massa. L' attento leggitore dovrà aver presente quest' avvertenza ad iscansare gli equivoci che potrebbon nascere dal prendersi le suddette voci in questo li-

* V. pag. 2. e pag. 5.

libro talora in uno dei due sensi accennati, talor nell' altro.

NOTA XIV. Pag. 112.

Al §. *Ciò premesso.*

Arrestiamoci un momento su questo esame preliminare de' reciproci cangiamenti che l' aria, ed il sangue subiscono nella respirazione, e distinguiamo con esattezza quel che è fisicamente certo da quello che resta tuttavia nell' oscurità e nell' incertezza.

E' certo che nella respirazione sparisce una parte del gas ossigeno ispirato, ed in suo luogo si espira del gas acido carbonico, e del vapore acqueo. Ma ciò può accadere in due modi; o perchè il sangue esali del carbonio, e dell' idrogeno, i quali combinandosi col gas ossigeno lo cangino parte in gas acido carbonico, e parte in acqua: o perchè il sangue assorbisca il gas ossigeno tale qual' è, e nello stesso tempo esali tutto formato il gas acido carbonico, e l' acqua. L' Autore s' attiene alla prima ipotesi; ma non esclude la possibilità della seconda.

E' certo dall' altra parte che il sangue nella respirazione cangia la sua livida tinta in un rosso vivace. Ma questo cangiamento di colore può accadere ugualmente o perchè il sangue al contatto dell' ossigeno esali il carbonio e l' idrogeno di cui è carico, o perchè assorbisca l' ossigeno stesso. Niuna ragione decide accertatamente tra queste due supposizioni.

Di quì apparisce che due ipotesi egualmente ragionevoli posson proporsi a spiegare questo reciproco cangiamento. 1ª. Nella respirazione il sangue esala del carbonio e dell' idrogeno, i quali combinandosi col gas ossigeno ispirato lo cangiano in gas acido carbonico ed in acqua: nella circolazione poi il sangue ripiglia dalle parti animali il perduto carbonio ed idrogeno. 2ª. Nella respirazione il sangue esala del gas acido carbonico, e del vapore acqueo; assorbisce in quella vece il gas ossigeno: nella circolazione questo gas ossigeno si combina intimamente col carbonio e coll' idrogeno, che il sangue va ricevendo dalle parti animali, e ricompone con essi il gas acido carbonico, e l' acqua. L' Autore abbraccia la prima ipotesi, ma nulla arreca ad escludere positivamente la seconda. Potrebbero anche esser vere in qualche parte ambedue; potrebbe l' ossigeno che sparisce restare in parte assorbito, in parte cangiato dai principj esalati dal sangue.

Alcune sperienze recentemente istituite sul sangue * sembrano a dir vero favorire la seconda ipotesi, per cui ricevono una spiegazione più soddisfacente. 1ª. *Fourcroy* trovò che il sangue venoso esposto al gas ossigeno prende, è vero, una tinta vivace, ma questa tinta poco a poco ridivien carica e cupa, nè più ravvivasi ancorchè il sangue resti nel gas ossigeno, e vadisi di tempo in tempo agitando per rinovarne il contatto. 2ª. *Girtanner* avendo esposte sei once di sangue al gas ossigeno, non solamente lo vide prende-

* V. Annales de Chimié, Tom. IX. pag. 261.

dere un color vermiglio, ma dall' accrescimento di peso rilevò manifestamente l' assorbimento del gas. *Hassenfratz* ripetendo questa sperienza, del sangue divenuto così vermiglio riempì al colmo diversi tubetti di vetro, e li chiuse poi ermeticamente; il sangue ricuperò la livida tinta che distingue il sangue venoso. Queste due sperienze sembran provare che il sangue assorbisce e discioglie l' ossigeno, e così diviene di color vivo scarlatto; ma che in seguito quest' ossigeno si combina intimamente coll' idrogeno e col carbonio esistenti nel sangue; il quale con ciò ricupera il color cupo e carico. 3ª. *Hassenfratz* versò sul sangue venoso dell' acido muriatico ossigenato; il sangue si decompose all' istante, divenne d' un colore assai più carico e quasi nero. Ora siccome nell' acido muriatico ossigenato l' ossigeno è debolmente aderente, e disposto ad entrare in altre combinazioni assai più che non è quando trovasi in istato di gas, così sembra che l' esposta sperienza si possa comodamente spiegare affermando che quando l' ossigeno presentasi al sangue in istato di gas, esso dapprima non fa che mescolarsi semplicemente al sangue, indi successivamente combinasi coi suoi principj; ma quando presentasi nell' acido muriatico ossigenato, allora tutt' ad un tratto entra in combinazione col carbonio e coll' idrogeno del sangue, e ne rende nero il colore.

Per non ometter nulla di quanto può rimanere incerto e dubbioso nella presente ricerca, non vogliamo lasciar d' accennare che il vapore ac-

queo, ed il gas acido carbonico, che esalano dai polmoni, non in tutto forse provengono dal gas ossigeno ispirato; una parte del vapore acqueo proviene certamente dalla traspirazion polmonare, vale a dire dall' umore acquoso che stilla continuamente ne' bronchi, e disciolto viene dall' aria ispirata. E in quanto al gas acido carbonico chi sa che in parte non venga esso somministrato al sangue dalle materie alimentari?

Ma quel che è importantissimo ad osservare, è che fra tutte queste incertezze in cui siamo tuttora avvolti, ferma rimane ed inconcussa la Teoria dell' Autore. E' certo che nella respirazione l'aria pura sparisce, ed in suo luogo trovasi del gas acido carbonico, e dell' acqua. Queste sostanze hanno minor capacità che non ha l' aria pura: dunque l' aria ispirata perde una parte del suo calore assoluto. Sia che lo perda perchè entri in combinazione con altri principj, o perchè passando in natura nel sangue seco lo trasporti, ciò torna il medesimo. Questo calore perduto che non si trova più nell' aria espirata, trovasi nel sangue, come vedremo nella Proposizion seguente. Dunque è certo ed indubitato che il calore animale riconosce dall' aria la sua origine; nel che sostanzialmente consiste la Teoria dell' Autore.

NO-

NOTA XV. Pag. 122.

Al §. Ho ancor messi a prova.

E' egli poi vero che i termometri ad aria siano difettosi in punto d' accuratezza? Strana su questo punto e maravigliosa è la discordanza delle opinioni dei fisici. *Deluc* e *Shuckburg* * credono che le dilatazioni dell' aria pochissimo si scostino dall' essere proporzionali agl' incrementi del calore; dall' altra parte *Roy*, *Luz*, e sopra tutti *Morveau* ** trovano dei divarj oltremodo grandi. Quel che è più sorprendente, ognun di loro fondasi sulle sperienze; e in quanto agli ultimi, gli andamenti che essi attribuiscono al termometro d' aria, non discordan meno fra di loro, di quel che si scostino dalla legge delle dilatazioni proporzionali agl' incrementi di calore. Ultimamente il celebre *A. Volta* *** è venuto a capo di sgombrar tante incertezze, indicando le sorgenti inosservate che inducon varietà ne' risultati delle sperienze. Con una serie d' esperimenti esattissimi insieme e semplicissimi egli ha trovato che tutta la discrepanza nasce dall' umidità, che non è stata esclusa a dovere. Basta pochissi-

* *Deluc* Recherches sur les modifications de l' Atmosphere. Part. II. Chap. 2.

Shuckburg Transaz. Fil. 1777.

** *Roy* Transaz. Fil. 1777.

Luz Vollstaendige etc. 1774. pag. 424.

Morveau V. Encyclopedie Method. Art. *Air*, et Annales de Chymie Vol. I.

*** *Volta*. V. *Brugnatelli* Annali di Chimica. Tom. IV.

ma umidità ad indurre sensibili aberrazioni: basta quell' umido velo che sta tenacemente attaccato alle pareti del vetro, e che invisibile vi rimane anche dopo d' averlo diligentemente prosciugato.

A misura che cresce il calore, porzion dell' umido aderente al vetro viene disciolta dall' aria e convertita in vapore; cresce con ciò notabilmente in volume, ed aggiungendo il suo a quel dell' aria fa comparire le dilatazioni dell' aria crescenti fuor di misura, e stranamente difformi. Che se il tubo termometrico si spogli affatto di quest' umido aderente, o col riscaldarlo fortemente, o meglio col farvi bollir dentro olio o mercurio, e di più s' abbia cura che esso non comunichi di guisa alcuna coll' acqua, allora le dilatazioni del termometro d' aria corrispondono assai prossimamente con quelle del termometro a mercurio, e però coll' andamento del calore.

Se nuove sperienze sempre più assicurino la giustezza del termometro Drebelliano corretto su questi principj, e se di più si giunga a renderne comoda la costruzione e il maneggio, è a desiderare che qualche abile fisico voglia usarne, nel ripetere le sperienze di *Crawford*. La somma sua mobilità, e l' estension grande delle sue dilatazioni ne rendon l' uso pregevole per accertare vieppiù sottilmente le piccole differenze di calore, e portare ne' risultati di queste delicate sperienze il massimo grado di precisione.

NOTA XVI. Pag. 179.

Al §. L' aria deflogisticata.

Abbiam veduto nella Nota precedente quanto stranamente discordino le sperienze e le opinioni de' fisici in quanto allo stabilire se le dilatazioni dell' aria siano uniformi, e proporzionali agl' incrementi del calore. Esse non discordan meno nel fissare di quanto precisamente l'aria si dilati per un dato accrescimento di calore. Quanti sono i fisici che si sono occupati di quest' oggetto, tante sono le determinazioni fra loro diverse. Per non addurre che le più discordanti, *Saussure* * trova per una parte che portata l' aria da gr. 32 a gr. 212 cresce di volume in ragione di 100 a 134. Per l' altra *Morveau* e *Duvernois* ** la fanno crescere in ragione di 100 a 193. Questi ultimi trovano nel gas ossigeno, ed in altri fluidi aeriformi una dilatabilità assai maggiore. Secondo le loro sperienze il gas ossigeno entro i limiti sovraccennati giunge a dilatarsi in ragione di 100 a 545.

Le sperienze pur or mentovate di *Volta* spargono molta luce ancor sopra questo interessante e controverso argomento. Non solo esse dimostrano che la dilatazion dell' aria è uniforme, ma di più la fissano di $\frac{1}{484}$ per ogni grado di Farh. os-

* Essais d' Hygrometrie pag. 108.
** l. c.

sia di $\frac{1}{215}$ per ogni grado Reaumuriano di calore che se le aggiunga. Confermano così la determinazione scoperta per tutt' altra via da *Deluc* * e adottata già da molti fisici. Veggasi la Memoria di *Volta* citata nella Nota precedente.

Adunque da gr. 32 a 212 l' aria atmosferica cresce di volume in ragione di 100 a 137, 5 prossimamente. Degli altri fluidi aeriformi nulla non oserei accertare: giacchè le sperienze di *Morveau* sulla dilatabilità dei gas portano a dei risultati sì strani, e così discordanti dalle sperienze di tutti gli altri, che non sembrano potersi ammettere senza ulteriore conferma.

Giova però al nostro proposito avvertire, che quando pur si volessero ammettere, nulla se ne potrebbe dedurre contro il presente intendimento dell' Autore. Egli in questo luogo fa vedere che quand' anche il gas ossigeno chiuso ne' cilindri dell' aerometro avesse potuto liberamente dilatarsi, e dilatandosi fosse cresciuto in capacità, ed assorbito avesse del calore, cui poscia avesse sviluppato nel raffreddarsi, non perciò potea nascere sensibil divario nel risultato. Egli prende per supposto che il volume del gas ossigeno portato alla temperatura 110 siasi accresciuto della metà. Se l' accrescimento di volume non arrivi alla metà, tanto più resta allontanato il pericolo d' errore. Ora quantunque le sperienze di *Morveau* attribuiscano al gas ossigeno una grandissima dilatabilità, ha però questa dilatabilità un aumento pro-

* Recherches ec. §. 607.

progressivo, e per gli ultimi gradi di calore è assai maggiore che non pei primi. Quindi stando a quelle sperienze, l'aumento di volume del gas ossigeno portato dai gr. 32 ai 110 non giunge ad eguagliare la metà del volume primiero. Molto meno vi giungerà per il gas ossigeno portato dalla temperatura comune dell'atmosfera a gradi 110. E così resta sempre più assicurato il raziocinio dell'Autore, ed escluso ogni sospetto d' errore ne' suoi risultati.

NOTA XVII. Pag. 216.

Al §. *Possiam dunque conchiudere.*

Ammettendosi la teoria antiflogistica, questa proposizione dovrà enunciarsi così. I corpi suscettibili di combinarsi coll' ossigeno, crescono di capacità nell' entrare in questa combinazione.

Ma perchè un induzione imperfetta potrebbe trarci in errore, limitiamo questa proposizione a quei corpi, ne' quali le sperienze la verificano, ai metalli, al carbone, ai vegetabili, ec. nè ci affrettiamo ad estender troppo oltre una legge che potrebbe nella sua generalità essere smentita dal fatto. E di vero un eccezione considerabile ci si presenta a prima vista. Il gas idrogeno nel combinarsi col gas ossigeno scema evidentemente e notabilmente di capacità. Chi ne assicura che lo stesso non abbia luogo in molti altri casi?

Questa riflessione abbiasi sopra tutto presente alla Sezione III. pag. 260, ove afferma *Crawford* che

che nella combustione il corpo infiammabile non può somministrar punto di calore, il quale però dee tutto ripetersi dall' aria. Nella combustione del gas idrogeno ciò non si verifica certamente. Cento parti d' acqua ne contengono, come è noto, 84 d' ossigeno, 16 d' idrogeno. La capacità dell' acqua essendo 1, quella del gas ossigeno è 4, 7490; quella del gas idrogeno 21, 4000. Adunque la quantità di calore assoluto che aveva il gas ossigeno prima della combinazione è 84 X 4, 749; quella che ritiene nella combinazione è 84 X 1. Similmente il gas idrogeno aveva prima una quantità di calore espressa da 16 X 21, 4; ritiene una quantità espressa da 16 X 1. Quindi nell' entrare in combinazione il gas ossigeno perde una quantità di calore espressa da 314, 916; e il gas idrogeno una quantità di calore espressa da 326, 4. Entrambi fanno una perdita in circa uguale, ed anzi quella del gas idrogeno è alquanto maggiore. E quell' intenso calor sensibile che in questa combustione si sviluppa, svolgesi bensì in parte dall' aria pura; ma in parte ancora dal corpo combustibile stesso, vale a dire dal gas idrogeno.

NOTA XVIII. Pag. 235.

Al §. *Lavoisier e Laplace.*

Sarebbe opera inutile trattenerci quì a descrivere il *Calorimetro*, di cui la costruzione e gli usi posson vedersi ampiamente dettagliati nel Trattato elementare di Chimica di *Lavoisier*. E' noto che

che esso consiste in una cavità attorniata da un doppio inviluppo di ghiaccio: l'inviluppo esterno toglie l'accesso al calore dell'atmosfera; l'interno mantiene la cavità centrale alla costante temperatura di gr. 32. Collocato in questa cavità un corpo riscaldato comunque, esso si raffredda alla temperatura 32, e in quell'atto trasmette del calore, e fonde parte del ghiaccio che lo attornia. Dalla quantità del ghiaccio squagliato si misura la quantità di calorico, che esso sviluppa nel raffreddarsi d'un dato numero di gradi, e da questa rilevasi il suo calore comparativo. Simile è l'uso del Calorimetro nel misurare la quantità di calore che si svolge in certe chimiche mescolanze, come pure di quello che sviluppasi nella respirazione, e nella combustione.

L'idea, e la prima esecuzione di quest'ingegnoso apparato è dovuta allo Svezzese *Wilke*; ma *Lavoisier* e *Laplace* lo resero assai più perfetto, e tolsero gran parte degl'inconvenienti, che ne accompagnavano l'uso. I chimici Francesi gareggiano nel celebrare i vantaggi di quest'apparato, e lo preferiscono di gran lunga all'*Aerometro* del nostro Autore. Queste lodi sono giuste per molti riguardi; ma ciò non toglie che l'apparato di *Crawford* non abbia esso pure i suoi particolari vantaggi, massime in quanto al determinare le capacità, e non isfugga alcuni incomodi inseparabili dal calorimetro. Le sperienze fatte coll'aerometro si spediscono in pochi minuti, laddove col calorimetro durano le diciotto o venti ore: le prime si ponno fare in qualunque ambiente; le

ul-

ultime esigono una determinata temperatura, che non sia nè al di sotto del ghiaccio, nè più che 5 ovvero 6 gradi Farh. al di sopra del medesimo: e se le prime non sono suscettibili dell' estrema precisione, neppur lo sono le ultime, nelle quali anche nelle circostanze più favorevoli, e colle più diligenti precauzioni, è possibile l' errore di $\frac{1}{40}$: l'error delle prime può ravvisarsi e diminuirsi non difficilmente, col moltiplicare, e ripetere le sperienze; non così le sperienze fatte col calorimetro, le quali e per la lunga loro durata, e per la difficoltà d' incontrare la richiesta temperatura non possono così comodamente ripetersi, come sarebbe desiderabile.

Fra le ricerche sperimentali che debbono servir di base alla Teoria del calore, la più difficile, e nel nostro argomento la più interessante si è la determinazione delle capacità de' fluidi aeriformi. Abbiam veduto per quali mezzi ingegnosi il nostro Autore vi sia giunto servendosi dell' aerometro. *Lavoisier* e *Laplace* accennano la possibilità di riuscirvi facilmente anche per mezzo del calorimetro. Immaginano di far passare il gas riscaldato alla temperatura 212 per un tubo spirale serpeggiante per entro la cavità centrale del calorimetro, adattando un termometro a ciascuna delle estremità di questo tubo, onde conoscere il calore del gas così all'ingresso nel calorimetro, come alla sua sortita. Così, dicon essi, sarà noto quanto di ghiaccio fonde una data massa di questo gas nel raffreddarsi d' un dato nu-

numero di gradi, e quindi il suo calore comparativo.

Volendo porre ad effetto questo divisamento, confesso che mi sarebbe di molto imbarazzo la difficoltà di determinare con bastante esattezza la temperatura del gas al suo ingresso nella cavità centrale. Non è ella questa cavità circondata d' un doppio inviluppo di ghiaccio? Il gas riscaldato non deve, prima di penetrarvi, attraversare non solo qualche tratto d' aria, ma di più l' inviluppo esteriore? e come determinare la quantità di calore perduta in questo passaggio? Il termometro che si vuol collocare all' estremità del serpentino, o giace col suo bulbo fuori dell' apparato, o entro il medesimo. Se fuori, esso non segnerà la temperatura del gas al momento del suo ingresso nella cavità centrale: se dentro, il tubo termometrico sporgente in fuori dovrà necessariamente attraversare il ghiaccio de' due inviluppi, e ciò posto come potrà esso segnare la vera temperatura del gas?

Non so se queste o altre più rilevanti difficoltà trattennero gl' illustri inventori del calorimetro dall' applicarlo alla determinazione del calor comparativo dei gas: certo che fra le molte sperienze da essi pubblicate non ve n' ha alcuna di questo genere: esse son tutte dirette a ricercar la capacità de' corpi solidi o liquidi, a determinare il calore sprigionato nelle miscele, e quello della combustione e della respirazione; ai quali oggetti il nostro Autore soddisfa con mezzi assai più semplici, e senza operoso apparato.

NO-

NOTA XIX. Pag. 242.

Al §. *Il risultato medio*.

Nuove e più diligenti sperienze istituite appresso da *Lavoisier* * fanno sparire in gran parte la discrepanza che quì s' accenna. Per esse rimane stabilito che 100 parti di gas acido carbonico ne contengono 72 d' ossigeno, e 28 di principio infiammabile, ossia di carbonio. Così che la quantità del principio infiammabile contenuto nel gas acido carbonico viene ad essere poco più d' un quinto del totale; che è incirca la proporzione adottata dall' Autore.

NOTA XX. Pag. 250.

Al §. *Abbiam dimostrato*.

Del gas ossigeno viziato nella respirazione afferma quì il nostro Autore che circa un sesto si cangia in acqua, e gli altri cinque *sesti* in aria fissa. Tale è di fatti il preciso risultato della Sperienza XVIII. riferita quì sopra. Altre sperienze d' altri fisici presentan de' risultati affatto diversi.

1°. Nelle sperienze di *Lavoisier* e *Laplace* ** un porcellino d' India viziò poll. cub. 46, 62 d' aria pura, e allo stesso tempo formò poll. 37, 96 di gas acido carbonico. Per la nota composizione di questo gas, questi poll. cub. 37, 96 dovet-

ter

* V. Mem. dell' Accad. di Par. 1781.

** Mem. dell' Accad. di Par. 1780.

ter contenerne 27, 33 d' ossigeno. Adunque dei poll. cub. 46, 62 soli 27, 33 si cangiarono in aria fissa; i rimanenti 19, 29 in acqua. Distribuzione ben diversa da quella che quì annunzia l' Autore.

Secondo i fisici sopraccitati, la quantità media di gas acido carbonico che la respirazione d' un porcellino d' India sviluppa in 24 ore è di grani 537, 6. Giusta la Sperienza XVIII. di *Crawford* essa non riescirebbe che di grani 480 *Troy* che sono grani 454 della libbra francese.

2°. Per le sperienze di *Seguin* annunziate da *Lavoisier* nella sua Memoria sulla traspirazione *, un uomo respirando vizia in 24 ore (prendendo la quantità media) once 31 di gas ossigeno, e forma once 16, 25 di gas acido carbonico. Queste ultime debbon contenerne 11, 7 d' ossigeno; onde le rimanenti once 19, 3 debbon essersi combinate coll' idrogeno per formare dell' acqua. E' questa distribuzione diversissima da quella che pone *Crawford*. La quantità di gas ossigeno cangiata in acqua ben lontana dal non essere che un sesto del totale, è anzi notabilmente maggiore di quella cangiata in gas acido carbonico.

3°. Dalle sperienze di *Seguin* discordan moltissimo quelle di *Menzies* **. Questi pretende d' essersi con replicate prove accertato che la quan-

* V. *Lavoisier* Trattato elementare di Chimica. Tomo IV. Edizione Veneta.

** *Menzies* Tentamen inaugurale physiologicum de respiratione. V. Annales de Chimie Vol. VIII.

quantità media d' aria atmosferica che entra ne' polmoni ad ogni ispirazione è per lo meno di poll. cub. 40 *Troy*; e che di questa un ventesimo cangiasi in gas acido carbonico. Quindi supponendo, com' egli fa, 18 ispirazioni ad ogni minuto, scorgesi che in un minuto s' ispirano poll. cub. 194, 4 di gas ossigeno, e si esalano poll. cub. 36 d' acido carbonico. In 24 ore adunque si formeranno poll. cub. 51840, ossia in peso once francesi 51, 5107 risultato lontanissimo da quello di *Seguin*. Da queste sperienze di *Menzies* non può rilevarsi quanta parte del gas ossigeno si cangi in acqua, e quanta in gas acido carbonico, perchè è bensì notata la quantità di gas ossigeno che viene ispirata in ogni minuto, ma non quella che rimane viziata dalla respirazione.

Se degli enormi divarj che quì si presentano non vogliamo in tutto accagionare gli errori corsi nelle spetienze, converrà dire che ne' diversi animali, e nelle diverse temperature riesca notabilmente diversa la proporzione tra quella parte d' ossigeno che cangiasi in acido carbonico, e l' altra che convertesi in acqua. Ma l' incertezza in cui tuttora siamo su questo punto non può esser rimossa che per nuove ed accurate sperienze. L' importanza dell' argomento deve eccitare i fisici ad eseguirle.

Per altro giovera osservare che quest' incertezza non apporta verun pregiudizio alla Teoria dell' Autore. Il gas ossigeno o si cangi in acqua, o in aria fissa, in ambedue i cangiamenti scema di calore assoluto nello stesso rapporto di circa

s ad 1 ; quindi qualunque sia la parte del gas ossigeno ispirato che convertesi in acqua, e quella che convertesi in aria fissa, sempre si avvera che il gas ossigeno che serve alla respirazione perde circa un terzo del suo calore assoluto: e ciò basta al presente intendimento dell' Autore, e alle conseguenze che appresso se ne deducono.

NOTA XXI. Pag. 269.

Al §. *La proposta teoria.*

Questi animali che quì si suppongono sprovvisti affatto d' organi respiratorj, esistono essi veramente? Alcune classi d' animali sono in vero prive di polmoni, ma non perciò dobbiam tosto negare ad esse ogni respirazione.

I. Ai pesci in luogo di polmoni servon le branchie: dopo le ricerche anatomiche di *Duverney* *, e dopo le sperienze di *Priestley* non è a dubitare che nelle branchie de' pesci non si operi una vera respirazione per mezzo dell' aria sciolta o dispersa per l' acqua, ed assorbita insieme colla medesima. *Vicq-d' Azir* ** tuttavia ne dubita, sembrandogli le branchie poco atte all' uffizio di separare l' aria dall' acqua; ma la separino o nò, poco monta: basta che esse dividendo, e feltrando per dir così l' acqua impregnata d' aria, la presentino al sangue in tale stato, che il sangue possa agire sull' aria disciolta, scaricando in essa

* *Duverney* Oeuvres anatomiques. Tom. II.

** V. Memoires presentées à l' Acad. 1773.

il suo idrogeno ed il carbonio, e per tal guisa alterandola.

Ed invero quest' alterazione dell' aria sciolta nell' acqua, e la necessità di quest' aria per la vita de' pesci, viene assicurata dalle più soddisfacenti sperienze. Nell' acqua spogliata d' aria o per mezzo dell' ebullizione, o per via della tromba pneumatica, nell' acqua impregnata di qualunque gas non respirabile, i pesci in brevissim' ora periscono. Immerso un pesce entro un recipiente d' acqua, se questa di tratto in tratto non si rinovi, se si tolga al pesce la libertà di salire a galla boccheggiando, se collo stendere alla superficie uno strato d' olio o altra cosa, s' impedisca che l' acqua non possa assorbire e disciogliere qualche poco d' aria atmosferica, il pesce immancabilmente perisce tosto che resta privo d' aria: indizio certissimo della sua respirazione. Degli anfibj nuotanti è a dire lo stesso che dei pesci.

II. Gl' insetti respirano per le trachee: scoperta insigne di cui è la fisiologia debitrice al nostro *Malpighi*. Sono le trachee canali sottilissimi che si diramano per tutto il corpo, e che si aprono esternamente in piccole bocche o spiragli, chiamati stigmate. E' antica l' osservazione che otturati con olio questi forellini, l' insetto muore; e si è pure osservato da molto tempo che tuffato l' insetto sott' acqua, esce dalle stigmate l' aria ispirata sotto forma d' un piccol getto. Le sperienze ultimamente istituite da *Vauquelin* * sulla cavalletta verde (*gryllus viridissimus* L.) sempre

* V. Annales de Chimie Vol. XII. pag. 273.

pre più assicurano la respirazion degl' insetti; giacchè e nelle stigmate esaminate diligentemente l' alterno moto della respirazione è palese, e l' aria circostante si cangia in gas acido carbonico, e nell' aria non rinovata muore l' insetto infallibilmente, siccome pur muore in qualunque gas non respirabile.

III. Dei vermi la cosa è più ambigua, se respirino o nò. Niun organo respiratorio è in essi manifesto; a decidere della loro respirazione l' unico mezzo sarebbe di esaminare se alterano l' aria in cui vivono, e se mancando il gas ossigeno periscono. Non abbiam che poche sperienze su questo punto; eppure moltissime ne esigerebbe la moltiplicità e varietà somma degli animali appartenenti a questa classe. Quelle poche però che abbiamo ci mostrano in alcune specie di vermi manifesta la respirazione. *Vauquelin* ha messo a prova la lumaca gialla de' prati (*limax flavus* L.) ed il lumacone delle vigne (*helix pomatia* L.) Questi respirano sicuramente, giacchè cangian l' aria in gas acido carbonico, e muojono se essa non si rinovi. Si è dubitato della respirazione delle sanguisughe, volendosi da taluno che esse vivano immerse nell' olio, e vivan anche nell' acqua non rinovata, e ben guardata dall' aria. Ma *Carradori* * ha sperimentato in contrario che ne' vasi d' olio del tutto pieni e turati muojon esse immediatamente; che in boccie contenenti poc' acqua e ben chiuse muojono dopo tanto tempo quanto lor basta a corromper

* V. Opuscoli scelti di Milano Vol. XX.

l' aria discioltavi; che l' acqua che ha servito alla respirazione d' una sanguisuga più non serve alla respirazione di verun altra; esse per altro han bisogno di pochissim' aria; però in molt' acqua vivono lungamente, e quindi forse gli abbagli presi da taluno sulla loro respirazione. I lombrichi terrestri sottoposti a simili cimenti diedero simili risultati; perciò respirano anch' essi. Sebbene queste poche sperienze non formino un induzione assai completa per render certa in generale la respirazione dei vermi, non lascian però di renderla sommamente probabile.

La respirazione sembra adunque doversi omai riguardare come una funzione comune a tutto il regno animale, come lo è la digestione, e la circolazione del sangue; e se è così, da questa sola sembra doversi ripetere così l' intenso calore animale degli uccelli, e dei quadrupedi, come il debole ed appena sensibile dei pesci, degli amfibj, degl' insetti, e dei vermi. Nè a ritrovar la cagione di quest' ultimo sarà d' uopo cercarla nelle materie alimentari alle quali quì ricorre l' Autore. Che se in questi animali il calore è sì piccolo, e di pochi gradi eccede quello dell' ambiente, nasce ciò forse dalla piccolissima dose d' aria che in un dato tempo essi viziano; forse anche in parte della natura dell' alterazione che v' inducono. Le citate sperienze di *Vauquelin* sembran provare che nella respirazione degl' insetti e dei vermi il gas ossigeno cangiasi bensì in gas acido carbonico, ma poco o nulla in vapore acqueo: ora il calore che

si

si produce nel primo cangiamento è molto minore di quello che producesi nel secondo.

NOTA XXII. Pag. 286.

Alla *Proposizione* I.

Le tre Proposizioni che seguono insieme coi loro Corollarj posson vedersi brevissimamente dimostrate quì sopra nella Nota II. ai §. 10. 11. 12. La Proposizione III. della suddetta Nota §. 10. abbraccia tutte e tre le Proposizioni quì enunciate, siccome è facile il riconoscere.

NOTA XXIII. Pag. 291.

Al §. *Il cangiamento*.

Il calcolo del calor sensibile che si svolge nell' ossidazione, o vogliam dire nella combustione del ferro, mi sembra potersi fare assai più comodamente per mezzo della formola proposta nella Nota II. §. 11. e 14.

Se M, m siano le masse di due sostanze che si combinano; C, c le rispettive loro capacità; C' la capacità comune a cui si riducono, ossia la capacità del composto; T la temperatura eguale in entrambe prima della combinazione, T' la temperatura a cui sale il composto; sarà per la citata formola $T' = \frac{T(MC + mc)}{C'(M + m)}$.

Quì le due sostanze che si combinano sono il

ferro è il gas ossigeno; e siccome l' ossido di ferro contiene dell' ossigeno per un terzo del suo peso, così è manifesto che due parti di ferro si combinano con una di gas ossigeno, onde si dovrà fare $M = 2$; $m = 1$. Di più abbiamo dalla Tavola delle capacità (pag. 346.) $C = 0, 1269$; $c = 4, 749$; $C' = 0, 25$. Di quì risulta . . . $T' = 6, 67\ T$.

Se supponghiamo $T = 1550$ che è la temperatura media dell' atmosfera, riuscirà $T' = 10338$, temperatura *assoluta* dell' ossido di ferro. E . . $T' - T = 8788$ gr. sarà l' accrescimento di temperatura che si manifesterebbe nell' ossido in grazia del calor sensibile sviluppato, se questo calore tutto vi rimanesse raccolto, nè prontamente si dissipasse.

Con eguale facilità si può ridurre a calcolo il calor sensibile sviluppato in qualunque combinazione, quando sian note e le masse delle due sostanze combinate, e le capacità loro prima della combinazione, e la capacità del composto.

Siane un altro esempio il calor sensibile che la calce sviluppa, mentre si estingue coll' acqua. Secondo *Lavoisier* e *Laplace* * un misto d' acqua e di calce viva in ragione di 9 a 16, ha una capacità espressa da 0, 4391; la capacità dell' acqua è 1; è quella della calce viva 0, 2169. Quì $M = 9$; $m = 16$; $C = 1$; $c = 0, 2169$; $C' = 0, 4391$. Posti questi dati, la formola ne dà $T' = 1, 136\ T$. Fatto come sopra $T = 1550$ sa-

* Memorie dell' Accad. di Parigi 1780.

sarà $T' = 1760, 8$; e $T' - T = 210, 8$ gradi; e tanto sarà il calor sensibile sviluppato nella mescolanza, la quale però dalla temperatura 50° Farh. potrà salire a gr. 260, 8.

Rapporto a questi calcoli si avverta che gli ultimi loro risultati non sono giusti se non in quanto si prende per vero il dato fondamentale, che il zero naturale termometrico sia a — 1500°; determinazione, come avvertimmo fin da principio, non ancora con piena sicurezza avverata.

Alcuni moderni fisici di chiaro nome * seguono tuttavia a riguardar la calcinazione come un processo, in cui il fuoco elementare cacciando dalla terra calcare l'acqua e l'acido carbonico, sottentri esso in lor vece e vi si annidi; credono che all'affondervi l'acqua, esso ne sia espulso a vicenda, e così produca il calore; raccolgon molte apparenze a confermare il loro pensiere, e pretendon persino di sentire nella calce viva un odor di fuoco. Se essi parlano di fuoco libero e mobile, questa loro idea è affatto insostenibile; giacchè dalla ragione delle capacità chiaramente apparisce che il carbonato calcare nella calcinazione perde del calore anzichè assorbirne, e la calce viva al contrario nell'estinguersi nè riceve. Se poi parlan di fuoco che si combini e si fissi, essa è per lo meno precaria. Nelle reciproche mutazioni di capacità della calce e dell'acqua troviamo una cagion palese e certissi-

* V. *Chaptal* Elemens de Chimie. Paris An. III. Tom. II. pag. 27.
Darcet Journal de Physique 1783.

ma del calor sensibile che si svolge. A che aggiungerne un altra, mentre non si dimostri insufficiente la prima? Ora a mostrarla tale, converrebbe provare per esperienze dirette, che il calor sensibile svolto nell' estinzion della calce sorpassa notabilmente quello che deducesi dalla formola. Il che sino al presente non è dimostrato.

NOTA XXIV. Pag. 294.

Al §. *E' difficile lo stabilire.*

Ben a ragione il nostro Autore riguarda come assai difficil problema lo stabilire precisamente per qual guisa l' urto della selce produca o faciliti l' ossidazione delle molecole dell' acciajo. Due cagioni sembran concorrervi: non oserei però assicurare che siano esse le vere, nè le sole producitrici di quest' effetto. La prima è la tenuità somma ed impercettibile della molecola cui la selce strappa dall' acciajo; si sa che la minuta attenuazione o divisione d' una sostanza, rompendo tra le sue particelle l' affinità d' aggregazione, favorisce moltissimo quella di composizione: tanto più che la sottile scaglia di ferro svelta dal resto della massa salta in mezzo dell' ossigeno atmosferico, e se ne trova attorniata per ogni parte. L' altra è quel primo riscaldamento che l' attrito della selce desta nell' acciajo; del quale nella Nota VII. pag. 371. accennammo la più probabil cagione. Questo primo grado di ca-

lo-

lore, sebbene incomparabilmente minore dell' altro che si aggiunge appresso per la combinazione col gas ossigeno, e che produce l' infocamento e la scintilla, non è però dispregevole. Ora il calore facilita per lo più le combinazioni, e in singolar modo quella del ferro col gas ossigeno, siccome è noto.

A conferma della spiegazione di *Crawford* intorno al scintillamento dell' acciajo percosso dalla selce, oltre le mentovate sperienze di *Lane* si posson produrre le celebri sperienze di *Hauksbee* *, e le più recenti e bellissime di *Barletti* **. Tutte comprovano che il scintillar dell' acciajo và mancando a misura che si sottrae l' aria, e cessa affatto in un perfettissimo vuoto.

NOTA XXV. Pag. 297.

Al §. *Questa Teoria.*

Già si accennò nella Nota XI. come per la Teoria dell' elettricità latente intendasi perfettamente l' origine dell' elettricità naturale dell' Atmosfera. Resta ora a vedere se per la Teoria medesima si possano comodamente spiegare le vicende tutte e il periodo di questa atmosferica elettricità. I chiarissimi fisici *Volta* e *Saussure* molto si adoperarono nel rintracciare una spiegazione soddisfacente, Ma le Teorie di questi uomini illustri

* Experiences physico-mechaniques. Paris. 1754. Chap. 3. Art. 3.

** V. Opuscoli scelti di Milano Vol. XVII.

lustri mal s' accordan fra loro, e mal s' accordano, se ardisco dirlo, colle osservazioni. Ciò m' incoraggisce ad espor quì con qualche dettaglio un saggio di nuova Teoria, o a dir meglio una nuova conghiettura, cui pienamente assoggetto al giudicio de' più avveduti.

Teoria dell' Elettricità Atmosferica.

L' azion dissolvente dell' aria ajutata dal calor Solare solleva giornalmente una copia grandissima di vapori. Essi nello svolgersi assorbiscon dal suolo e portano in alto molta elettricità *. La prontezza con cui questi vapori si staccan dal suolo formati appena; l' isolamento in cui trovansi appena staccati, che non permette loro di più ricevere nuova elettricità dal suolo stesso; l' azion del sole e dell' aria, che sempre più li dirada, e più diradandoli, probabilmente ne aumenta la capacità **: tutto ciò concorre a far sì che i vapori salenti per l' atmosfera, e giunti a quello strato in cui rimangono equilibrati e sospesi, *si* trovino allora elettrici negativamente; avendo essi bensì nello svilupparsi assorbita molta elettricità, ma non avendone potuto assorbir tanta quanta n' esige l' aumentata capacità.

Ora la massa dell' atmosfera frapposta tra quello strato di vapori nuotanti, ed il suolo, si può riguardare come un grande idiolettrico armato d' ambe le parti: i vapori sospesi costituiscono l' ar-

ma-

* V. la citata Nota XI.

** V. la Nota VII.

matura superiore, il suolo l' inferiore. Essendo dunque quei vapori negativamente elettrici perfin che rimangono attenuati e disciolti, e però essendo la parte superiore dell' atmosfera investita d' elettricità negativa, egli è forza che la parte inferiore, quella che al suolo è contigua, vestasi spontaneamente d' elettricità positiva. Adunque a ciel sereno l' elettricità atmosferica sarà costantemente positiva; e gli elettroscopj, e i cervi volanti, e le punte isolate sui tetti, istromenti che appunto esplorano l' elettricità dei bassi strati atmosferici, paleseranno costantemente elettricità positiva.

Comincino ora a formarsi le nubi. La condensazion de' vapori scemandone la capacità, scemerà gradatamente la loro elettricità negativa; che anzi ove questi divengan più densi che non erano nel primo loro sviluppo, e molto più ove s' adunino in gocce, essi svilupperanno l' elettricità assorbita nell' atto di lor formazione: diverranno dunque elettrici per eccesso, e vestiranno d' elettricità positiva tutta la region superiore dell' atmosfera. Quindi la regione inferiore diverrà negativamente elettrica. Però nell' atto che nubi oscure e tempestose o si formano sul nostro capo o vi passano, si avrà negl' inferiori strati atmosferici elettricità negativa tanto più forte, quanto più copiosa e repentina è la condensazion de' vapori, ossia quanto è più scura e più procellosa la nube. Sciolte le nubi in pioggia, o dissipate dal vento, siccome ritornerà agli alti strati atmosferici l' elettricità negativa, così ritornerà ai più bassi la positiva. Ac-

Accordo della Teoria coi fenomeni.

Il giornaliero periodo dell' elettricità di ciel sereno traveduto in prima in qualche modo da *Monnier* * fu seguito poi con estrema assiduità da *Beccaria* **, da *Saussure* ***, e da *Volta* ****, pazienti ed espertissimi osservatori. Eccone le leggi costantissime. L' elettricità di ciel sereno è costantemente positiva. Debole al nascer del sole viene di mano in mano crescendo fino al meriggio o alcune ore dopo; indi scema; sul tramonto al comparir la rugiada, ripiglia nuovo vigore, e cresce. Verso mezza notte, cessata la rugiada, l' elettricità s' indebolisce per gradi, e va languendo, finchè il nuovo Sole la ravviva. Questo periodo ha luogo nella State non meno che nell' Inverno; se non che per lo più nei dì sereni invernali l' elettricità è molto più forte che negli estivi.

Ora quest' andamento periodico sembrami accordarsi maravigliosamente colla proposta Teoria. A misura che il Sole va salendo sull' orizzonte l' evaporazione si aumenta, maggior copia di vapori si aduna nell' alto dell' atmosfera, maggiore il diradamento di questi vapori, e maggiore è perciò la loro elettricità negativa; quindi maggiore l' elettricità positiva degli strati inferiori dell' atmos-

* Memorie dell' Accad. di Parigi.

** *Beccaria* Dell' elettricità terrestre atmosferica. Torino 1775.

*** Voyage sur les Alpes. Tom. III. Chap. XXVIII.

**** Lettere sulla Metereologia Elettrica. Lettera III. Vedi *Brugnatelli* Biblioteca. Vol. III. pag. 118.

mosfera. Nel calar del Sole scema il diradamento, e quindi l' elettricità. Ma il tramonto del Sole nei dì sereni è ordinariamente accompagnato dalla rugiada; che altro non è fuorchè una condensazion de' vapori in vicinanza del suolo pel raffreddamento dell' atmosfera. Nella regione inferiore dell' atmosfera adunque, condensandosi ivi stesso i vapori per il freddo notturno, essi sviluppano il fuoco elettrico che avevano assorbito nel salire, e rendono positivamente elettrica l' atmosfera ambiente. Quindi rinforzasi e ripiglia vigore l' elettricità positiva dell' atmosfera, e sale nuovamente ad un massimo. Cessata la rugiada, è ben naturale che s' indebolisca insieme la positiva elettricità per crescer poi nuovamente al ricominciar l' evaporazione.

Nel che son da avvertire le due opposte cagioni onde nascono i due massimi che si osservano nel diurno periodo dell' elettricità, l' uno sul mezzo giorno, l' altro sulla sera nel colmo della rugiada. Nasce il primo dall' elettricità negativa indotta nell' alto dell' atmosfera per la massima rarefazion de' vapori; nasce il secondo dall' elettricità positiva indotta negli strati infimi dell' atmosfera per la massima loro condensazione. Dalla qual condensazione nasce pure immediatamente l' elettricità positiva delle basse nebbie radenti il suolo, tanto più viva quanto più esse son folte, ed allora vivissima, quand' esse sciolgonsi in gocce.

Dalla tranquilla elettricità di ciel sereno passiamo adesso all' elettricità irrequieta delle nubi piovose e temporalesche. L' andamento dell' elettri-

ci-

cità procellosa è assai uniforme, per quanto scorgesi dalle osservazioni *. All' apparire d' una folta nube l' elettricità positiva atmosferica comincia ad illanguidirsi: di mano in mano che la nube s' addensa, o viene avanzando verso il zenit, l' elettricità positiva scomparisce prima, indi volgesi in negativa, e cresce per gradi: nel rompere della pioggia, o nell' infuriare del temporale, l' elettricità negativa è al suo colmo, e cresce talora a segno che la prudenza consiglia d' interrompere l' osservazione. Sfogato il temporale, a misura che si diradano, o s' allontanan le nubi, la negativa elettricità ricorrendo per gli stessi gradi di prima, scema, si fa nulla, indi ricomparisce positiva. Anche senza pioggia o temporale, una nube oscura che passi presso il zenit produce nello stato elettrico dell' atmosfera le medesime variazioni, più o meno sensibili secondo la vicinanza o la densità della nube, ma sempre uniformi e regolari. Quanto bene queste osservazioni s' accordino colla teoria poc' anzi esposta, è troppo palese perchè *io mi trattenga* a mostrarlo.

Teoria di Saussure.

La placida evaporazione dell' acqua cagionata dall' azion dell' aria e del Sole, solleva dall' acqua stessa i vapori sotto forma di esilissime bolle, o vescichette, che appunto dalla loro forma han-

* Veggansi per tutte le osservazioni che minutamente riferisce *Cavallo*, Trattato d' Elettricità, Parte IV.

hanno il nome di vapori vescicolari. Il fatto è certo: o sian poi cave queste vescichette come vuole *Saussure*, e *Deluc*, o sian piene, come ha inteso mostrare con assai buone ragioni l' illustre fisico e Geometra *Monge* *. Questi vapori vescicolari salendo per l' atmosfera vengono poi convertiti in vapori elastici e trasparenti, ed intimamente all' aria medesima mescolati. E viceversa nella condensazion de' vapori e nella formazion delle nubi, radunansi da principio gli sparsi vapori elastici in queste bollicelle vescicolari, delle quali son formate le nubi: indi i vapori vescicolari stessi radunati vieppiù ed aggruppati forman le gocciole della pioggia. Ora egli crede *Saussure* **, o a meglio dire suppone, che la massima capacità elettrica appartenga non ai vapori qualunque, ma ai soli vapori vescicolari: che sian essi che assorbiscono una gran copia di fluido elettrico necessaria alla loro formazione: e che questa poi si sviluppi e rendasi libera, quando sciolta la tessitura vescicolare essi si convertono in vapori elastici, e disperdonsi per l' atmosfera. Ammessa questa ipotesi, s' intende assai bene come nella serenità dell' aria sciogliendosi i vapori vescicolari in elastici, mettasi in libertà molto fuoco elettrico, e si palesi l' elettricità per eccesso; e come per lo contrario nell' intorbidamento dell' atmosfera raunandosi gli sparsi vapori elastici in vescicolari, assorbiscan di nuovo e rendan latente molta elettricità, e nell'

at-

* Memorie dell' Accad. di Par. 1787.

** Voyage sur les Alpes. l. c.

atmosfera s' induca l' elettricità per difetto.

La spiegazione quanto è ingegnosa altrettanto sarebbe felice, se pur reggesse il supposto; cioè che i vapori vescicolari abbiano più di capacità elettrica che non hanno gli elastici. Ma ciò è che le sperienze non ci permettono di adottare *. Nel corso delle sue sperienze sull' elettricità dell' evaporazione, *Volta* ha trovato costantemente che maggior copia d' elettricità si eccita quando si svolgono de' vapori elastici, che non quando si svolgono de' semplici vapori vescicolari. Così per esempio l' ebullizione dell' acqua dà assai più d' elettricità negativa, che non la semplice effumazione dell' acqua calda. La massima capacità elettrica appartien dunque ai vapori elastici, non già ai vescicolari, e ciò è infatti quel che l' analogia del calore assai chiaramente ne insinua. E poi la forte elettricità positiva delle basse nebbie è pure una prova evidente della massima capacità de' vapori elastici. Che altro è in queste nebbie, fuorchè un copioso addensamento di vapori elastici, che congregandosi si riducono a vapori vescicolari? Adunque i vapori elastici cangiandosi in vescicolari svolgono del fuoco elettrico, ben lungi dall' assorbirne, come pur vorrebbe *Saussure*.

Teo-

* Egli è il Ch. *Volta* che contrappone le seguenti riflessioni all' annunziata ipotesi di *Saussure*, e la combatte per mio avviso vittoriosamente. V. le citate Lettere Metereologiche. Lettera VII.

Teoria di Volta.

E' celebre l' osservazione di *Tralles*, il quale nelle grandi e precipitose cascate, ove l' acqua cadente si sparpaglia in minutissimi spruzzi trovò eccitarsi manifesta elettricità negativa *. Osservazione che maravigliosamente s' accorda colle altre accennate nella Nota XI. intorno all' elettricità negativa prodotta dall' evaporazione; non potendo quest' elettricità negativa delle cascate altronde ripetersi, fuorchè dall' evaporazione, che in tale sparpagliamento dell' acqua è grandissima. Or di questa osservazione si prevale il Ch. *Volta* a spiegare l' elettricità negativa dei temporali, e delle pioggie. Piovendo, dic' egli, le gocce d' acqua cadenti soffrir debbono una copiosa evaporazione non men di quella che soffrono gli spruzzi sparsi dall' acqua delle cascate; quindi una gagliarda elettricità negativa **.

Sì, ma si osservi che l' elettricità negativa non ha luogo soltanto nell' atto delle pioggie: essa le

* *Volta* Lettere sulla Metereologia Elettrica. Lettera VIII. V. *Brugnatelli* Biblioteca Vol. IX.

** Dell' elettricità negativa de' temporali lo stesso *Volta* avea prima proposta un' altra spiegazione, ripetendola dalla *pressione elettrica*, per cui le nubi procellose accostandosi scambievolmente, posson talvolta vestire elettricità negativa. Vedi la sua Memoria sul Condensatore negli Opuscoli di Milano Vol. VII. Sarebbe facile dimostrare l' insufficienza di questa spiegazione, che l' Autore sembra avere rigettata egli medesimo. Però le sostituì quella che quì si riferisce, e che può vedersi nelle citate Lettere Metereologiche. Lettera X. Vedi *Brugnatelli* Biblioteca Vol. XI.

precede, essa si manifesta sì tosto che una nube assai densa s' accosta al vertice, essa ha luogo quand' anche questa nube passa oltre senz' ombra di pioggia. Or dove è quì lo sparpagliamento dell' acqua e l' evaporazione? E poi anche nella pioggia attuale è egli a credere che possa aversi tanta evaporazione, che basti ad indurre quella sì vigorosa elettricità negativa che pure si osserva? L' aria attraversata dalle gocce cadenti, carica allora anzi pur satura d' umidità, sembrami invero poco atta ad assorbirne di nuova. Un osservazione di *Saussure* * avvalora questa difficoltà. Sulla pendice meridionale del Mont-cenis alla grandiosa cascata della Cenise egli non trascurò di esplorare col suo delicatissimo elettrometro lo stato dell' elettricità: ei doveva trovarne di negativa secondo le osservazioni di *Tralles* verificate assai volte da lui medesimo. Ma egli non ne trovò punto, e perchè? Perchè quel giorno era piovoso, e l' aria intorno umidissima. Nell' aria umida adunque gli spruzzi d' acqua non subiscon punto di evaporazione, nè però possono indur per se stessi elettricità negativa. Dunque neppur le gocciole della pioggia.

In somma nei nuvoli, nei temporali, nelle pioggie io non so ravvisare che condensazione di vapori in acqua, e non già scioglimento d' acqua in vapori. Nè saprei intendere altrimenti come questa condensazion di vapori indur possa elettricità negativa, se non ricorrendo alle due elettricità contrarie che regnar debbono contemporanea-

* Voyage sur les Alpes. Tom. V.

neamente, l' una negli alti strati atmosferici, l' altra nelle più basse regioni.

NOTA XXVI. Pag. 300.

Al §. *Se nelle cavità*.

Non è a dubitare che la recente Teoria del calore promossa con nuovi accrescimenti non sia per condurci ad una compiuta spiegazione delle accensioni Vulcaniche, e dei terribili fenomeni che le accompagnano. Io quì farò cenno di due fatti certi e costanti, la spiegazione de' quali cercata invano da molto tempo, ora per le nuove scoperte sul calore si presenta spontanea.

Il primo di questi fenomeni è il lentissimo raffreddamento delle lave Vulcaniche. Le grosse correnti, e i profondi ammassi di lava conservano per molti mesi, e talora per anni un calore intensissimo. Dopo la Teoria del calor latente questo fatto non è nulla più maraviglioso di quel che sia il tardo agghiacciamento dei grandi volumi d' acqua *, o il lento rappigliarsi delle masse di metallo fuso. La lava corrente nel cangiarsi a poco a poco in solida scema di capacità, e però sviluppa del calore; questo calore comunicandosi al resto della massa, ne ritarda il raffreddamento, e ne sostiene molto alta la temperatura. Oltre di che la prima crosta di lava formata alla superficie difende dall' azione dell' atmosfera le sottoposte parti; quindi è lentissimo il progresso del raffreddamento.

* V. più sotto a pag. 302.

L' altro fenomeno consiste ne' furiosi temporali, nei dirotti scroscj d' acqua, e negli spessi lampi e fulmini, che accompagnano ordinariamente le forti eruzioni. La spiegazione di questo fenomeno scende spontanea dalla Teoria dell' elettricità latente *. Per essa sappiamo che i vapori assorbiscon dal suolo gran copia di fuoco elettrico, e la trattengon latente finchè sono vapori; condensandosi in gocce la sviluppano. Ora nelle gagliarde eruzioni Vulcaniche dee certo aversi un rapido e copioso sviluppo di vapori. Dunque in queste eruzioni moltissima elettricità dee sollevarsi, la quale poi al condensarsi degl' innalzati vapori scoppierà in lampi e in saette.

A ciò altri aggiungono un altra ragione fondata sui principj medesimi **. La colonna atmosferica sovrastante al cratere al momento dell' eruzione trovasi assai rarefatta per l' ardore della sottoposta fornace. Scemato quest' ardore, l' aria circostante vi accorrerà d' ogni parte, seco traendo i vapori disciolti ond' è pregna. Questo concorso ed affollamento di vapori dee fare che si condensino, e però svolgano l' assorbita elettricità.

NOTA XXVII. Pag. 339.

Al §. *Se si tien conto.*

Alle sperienze di *Gadolin* e di *Crawford* tendenti a provare che il grado infimo di calore è cos-

* Vedi le Note XI. e XXV.

** *Breislack* e *Winspear* Memoria sull' eruzione del Vesuvio dei 15 Giugno 1794.

costante, e che perciò il calore non si fissa ne' corpi, contrappone *Seguin* * un altra serie di sperienze dalle quali sembra rilevarsi il contrario. Egli richiama le sperienze di *Lavoisier* e *Laplace* riferite nelle Memorie dell' Accademia di Parigi 1780. Questi fisici hanno misurata col calorimetro la quantità di calore che si sprigiona in diverse combinazioni, dell' acqua colla calce viva, dell' acido sulfurico coll' acqua, dell' acido nitrico colla calce; da ciascuna di queste sperienze hanno dedotto il grado infimo di calore; hanno ottenuto de' risultati molto discordi tra loro, e assai lontani dalla determinazione di *Crawford*.

Riporta inoltre altre sperienze degli stessi fisici sul calore sviluppato nelle combustioni del fosforo, del carbone, del gas idrogeno **, e da ciascuna d' esse deduce con un calcolo assai semplice il zero reale, ossia il grado infimo di calore; quì pure i risultati discordano fra di loro, e segnano dei gradi assai più bassi di quello indicato da *Crawford*.

Siccome poi tutti questi calcoli sono fondati sulle due ipotesi *** 1. che le capacità siano permanenti; 2. che il calore non si fissi ne' corpi; e siccome quest' ultima ipotesi richiederebbe che il zero reale si trovasse costante: così conchiude *Seguin* che queste due ipotesi sono false, o per lo meno l' una di esse: e ciò, aggiunge, sembra-

* Annales de Chymie. Vol. V. pag. 231. segg.

** V. *Lavoisier* Traitè elementaire de Chymie. Part. I. Chap. IX.

*** *Seguin* ne annovera tre; ma la terza è contenuta palesemente nelle due prime.

brami affatto distruggere la Teoria di *Crawford* sul calore. Siami lecito di far su di ciò alcune poche osservazioni.

I. Quanto alle prime sperienze, io non so perchè *Seguin* voglia farne più conto di quel che ne fecero gli Autori medesimi, i quali coll' ingenuità propria de' grand' uomini confessarono che esse non decidono nulla nè in favore delle due accennate ipotesi, nè contro: una piccola alterazione, anche solo di 0, 02 che si faccia alle espressioni delle capacità delle sostanze adoperate a quelle sperienze, mette tutti i risultati d' accordo, e mostra costante il zero reale: ora essi non si lusingano d' aver determinate con tal precisione le capacità, che non possa esservi corso un errore così leggero.

II. Le sperienze sulla combustione del fosforo, del carbone, del gas idrogeno non ci possono insegnar nulla di preciso relativamente al zero reale. Infatti i calcoli di *Seguin* si appoggian tutti a questo dato, che il calore contenuto in una libbra di gas ossigeno può fondere almeno libbre *66*, *7* di ghiaccio. Or questo dato viene dedotto così. Onee 10, 8 di fosforo bruciando assorbiscono una libbra di gas ossigeno, e in questa combinazione si svolge tanto calore che fonde appunto libb. *66*, *7* di ghiaccio. Dunque, quand' anche si supponesse che quella libbra di gas ossigeno perdesse tutto quanto il suo calore, ne segue che essa ne contien tanto da fondere libb. *66*, *7* di ghiaccio.

Quest' illazione suppone evidentemente, che il

il calore sviluppato derivi tutto dal gas ossigeno, e per nulla non derivi dal fosforo. Or chi ne assicura di ciò? Non potrebbe accader quì ciò che accade nella combustione del gas idrogeno, ove il calore sviluppato deesi in gran parte al gas idrogeno medesimo, che cangiandosi in acqua, scema di capacità? L' acido fosforico è un acido concreto, e la ragione della sua capacità a quella del fosforo è tuttora sconosciuta; quindi non si può nulla accertare su questo punto. Ora se mai il fosforo tramanda anch' esso del calore, più non è certo che il calore contenuto in una libbra di gas ossigeno basti a fondere 66, 7 libbre di ghiaccio. Crolla perciò il dato fondamentale di *Seguin*, e con esso tutti i suoi calcoli.

III. Quanto poi al dire che la falsità delle due mentovate ipotesi trae seco il rovesciamento della Teoria dell' Autore, io non so qual cosa intenda *Seguin* sotto il nome di Teoria di *Crawford*. Non ha forse *Crawford* medesimo proposte quelle opinioni come ipotesi, quali son veramente? Non ha positivamente assicurato di riguardarle non già come certe, ma come meramente probabili? E ben lontano dal far consistere in esse la sua Teoria, o dal dedurnela, non ha in più luoghi del libro espressamente, e chiaramente mostrato, che essa punto non ne dipende?

NOTA XXVIII. Pag. 341.

Al §. *Mi è stata da taluno*.

La gloria d'aver finalmente dopo tante inutili ricerche, dopo tante perdute fatiche, assegnata la vera origine del calore animale, viene da non pochi divisa tra il nostro Autore, e *Lavoisier*. *Lavoisier* medesimo sembra attribuirsene la miglior parte, dicendo * che egli fin dal 1777, ** poi *Crawford* nel 1779 ne pubblicò la scoperta; e che tra le loro spiegazioni passa questo solo divario, che mentre entrambi riconoscono il calore animale dal gas ossigeno ispirato, *Lavoisier* crede la materia del calore combinata nel gas ossigeno, *Crawford* la crede libera.

Queste espressioni potrebbero spargere alcun dubbio sul vero Autore di così insigne scoperta: onde per puro amore del vero gioverà fare le osservazioni seguenti.

I. Il volume delle Memorie dell' Accademia pel 1777 non uscì in luce che del 1780; quindi il primo a render pubblica questa scoperta fu senza alcun dubbio il nostro Autore, ed è ben difficile che egli abbia potuto profittare delle idee di *Lavoisier*.

II. Si legga la citata Memoria di *Lavoisier*. Si vedrà che egli non fa che azzardare una conghiettura, appoggiata in vero a dei forti indizj, ma non assicurata direttamente da veruna prova. Quel-

* Mem. dell' Accad. di Parigi. 1780. pag. 393.

** Mem. dell' Accad. di Parigi. 1777. pag. 599.

Quello che presso *Lavoisier* è un semplice sospetto, diviene presso *Crawford* una verità dimostrata dal paragone delle capacità dell' aria pura, e dell' aria fissa, come pure da quelle del sangue arterioso, e del sangue venoso.

III. Lo sviluppo di calore che si fa entro il polmone per l' alterazione del gas ossigeno non è che il primo passo nella scoperta del calore animale. Atteso questo solo sviluppo, i polmoni avvamparebbero, e le altre parti del corpo non riceverebber che una piccola porzione di quella fiamma viva ed intensa che divorerebbe i polmoni. Conviene spiegare perchè il calore animale non sia più sensibile nei polmoni, che altrove; come dai polmoni venga gradatamente ed equabilmente diffuso a tutto il corpo animale; per quale ascoso meccanismo trattengasi da principio latente, indi poco a poco si svolga e si distribuisca al bisogno: di tutto ciò *Lavoisier* non fa alcun cenno, *Crawford* ne istruisce pienamente.

Se l' onore d' una scoperta si dovesse a chi ne dà solamente un lontano cenno, la scoperta della gravitazione universale a tutt' altri apparterrebbe che a *Newton*. Ma se quegli soltanto deesi avere pel vero Autore d' una Teoria, che ne dimostra i principj, che per una serie di ben fondate proposizioni ne compone e ne sviluppa tutte le parti, non è alcun dubbio, che l' imparziale posterità lascierà al nostro Autore l' intero possesso d' una scoperta, che così meritamente ha illustrato il suo nome.

NOTA XXIX. Pag. 345.

Supplemento alla Tavola del calore comparativo di varj corpi.

La Tavola del calore comparativo di varj corpi esibitaci da *Crawford* è veramente preziosa per l' esattezza delle sperienze, dalle quali è dedotta. Vi aggiungeremo quì un piccolo supplemento, riportando le capacità d' alcune altre sostanze, quali risultano parte dalle citate sperienze di *Gadolin*, parte da quelle di *Lavoisier* e *Laplace*, parte finalmente dalle sperienze di *Kirwan*, i risultati delle quali ci diede *Magellan* nel suo Saggio sopra il fuoco. Sebbene quest' ultime han bisogno di correzione, o di conferma; l' Autore istesso non ne garantisce la giustezza; quindi ove la determinazione di *Kirwan* discordi da quella di *Lavoisier*, preferiremo quest' ultima. Malgrado somiglianti incertezze, non sarà del tutto inutile questa Tavola supplementaria, fintantochè nuove sperienze non ne conducano a più precisi, e più estesi risultati.

Acqua - - - - - - - - - - - -	1, 000
Solfuro d' ammoniaca (grav. sp. 0, 997.)	0, 994
Neve, o ghiaccio - - - - - - - -	0, 900
Soluzione d' una parte di nitro in 8 d' acqua - - - - - - - - - - -	0, 817
Olio di tartaro (grav. sp. 1, 346.) - -	0, 759
Olio d' ulive - - - - - - - - - -	0, 710
Ammoniaca fluore (gr. sp. 0, 997.) -	0, 708

Aci-

Acido muriatico (gr. sp. 1, 122.) - -	0, 680
Acido nitrico (gr. sp. 1, 299.) - - -	0, 661
Acido nitroso (gr. sp. 1, 355.) - - -	0, 576
Olio di lino - - - - - - - - - -	0, 528
Olio di trementina - - - - - - -	0, 472
Acido sulfurico concentrato * (gr. sp. 1, 870.) - - - - - - - - - - - -	0, 337
Aceto forte di vin rosso - - - - -	0, 287
Sal comune ** - - - - - - - -	0, 226
Terra cotta - - - - - - - - - -	0, 195
Cristallo, o vetro senza piombo - -	0, 192
Solfo - - - - - - - - - - - -	0, 183
Piastra di ferro battuto - - - - -	0, 110
Aceto concentrato distillato. - - - -	0, 103
Mercurio - - - - - - - - - -	0, 029

FINE.

* Per le capacità dell' acido sulfurico più o meno diluito con acqua vedi quì sopra pag. 327.

** Per le capacità delle soluzioni del sal comune nell' acqua vedi quì sopra pag. 323. Sono registrate nella Tavola di *Kirwan* le capacità d' altre soluzioni saline: le abbiamo ommesse, perchè non essendo notata la capacità del sale disciolto, non potevan dar luogo a veruna osservazione interessante.

TAVOLA
DELLE MATERIE.

SEZIONE PRIMA.

Significazioni diverse della parola Calore. *pag.* 1.
Calore assoluto, e relativo. *ivi.*
Calor sensibile, Temperatura, Calore comparativo. 2.
Vedi in fine la Nota I.
Capacità de' corpi a contenere il calore. 5.
Vedi la Nota II.
Fuoco. 8.

Fenomeni generali del Calore.

I. Il calore tende all' equilibrio. 9.
II. Tutti i corpi contengono una quantità considerabile di calore. 10.
Vedi la Nota III.
III. La quantità di calore contenuta nelle diverse parti d' un corpo omogeneo è proporzionale al loro volume, o alla loro massa. 12.
IV. In parità di circostanze, gli alzamenti del termometro a mercurio sono prossimamente proporzionali agli aumenti del calore assoluto. 13.
Sperienze di *Deluc* ripetute dall' Autore. 14.
Incertezza delle conseguenze che si potrebbon dedurne. 23.
Vedi la Nota IV.
Nuove sperienze dell' Autore. 24.
Correzione proposta da *Cavendish*; sua applicazione a queste sperienze. 32.
Vedi la Nota V.
V. Finchè un corpo mantiene la medesima forma,

ma, la sua capacità rimane a un di presso costante. 37.
Vedi le Note VI. e VII.
Nuovo argomento a provare la stessa proposizione, tratto dalle leggi del raffreddamento de' corpi. 47.
Vedi la Nota VIII.
VI. I corpi solidi nel liquefarsi assorbiscono del calore; i fluidi nell' agghiacciarsi ne sviluppano. 50.
Metodo per determinare la capacità del ghiaccio. 53.
Vedi la Nota IX.
I fluidi nel cangiarsi in vapori, assorbiscono similmente del calore; e i vapori condensandosi, ne sviluppano. 54.
Vedi la Nota X.
Conchiusion generale che risulta da tutti questi fenomeni. 58.
Vedi la Nota XI.
Metodo per misurare le quantità di calore che i fluidi svolgono nel congelarsi. 59.
Vedi la Nota XII.
VII. Diseguali quantità di calore assoluto si richieggono a produrre eguali cangiamenti di temperatura in diversi corpi. 61.

SEZIONE SECONDA.

Errori a cui van soggette le sperienze seguenti. 69.
Vedi la Nota XIII.
Sperienze fatte all' oggetto di determinare le capacità o calori comparativi di varie sostanze. 84.
Risultati di queste sperienze. 101.
Ragioni onde sospettare che il sangue arterioso nel processo della respirazione assorbisca dall' aria una gran copia di calore assoluto. 104.

Proposizioni, ossia conseguenze generali dedotte dalle Sperienze fatte a scoprire l' origine del Calore Animale, e della Combustione.

Proposizione I. 1. La quantità di calore assoluto contenuta nell' aria pura resta diminuita nel cangiamento che essa subisce ne' polmoni degli animali. 2. La quantità di calore contenuta in ogni aria respirabile è prossimamente proporzionale alla sua respirabilità. 105.
Principj costitutivi dell' aria atmosferica. *ivi*.
Cangiamenti che subisce il sangue entro i polmoni. 107.
Cangiamenti che subisce entro i polmoni la parte più pura dell' aria atmosferica. 110.
Vedi la Nota XIV.
Avvertenze e precauzioni necessarie nel determinare per via di sperienze i calori comparativi de' fluidi aeriformi. Tentativi diversi dell' Autore. 113.
Vedi la Nota XV.
Nuovo apparato immaginato dall' Autore per questa ricerca. 127.
Sperienze eseguite con questo apparato. 135.
Risultati. Calor comparativo dell' aria atmosferica. 166.
- - - - - - - - dell' aria pura. 168.
- - - - - - - - dell' aria flogisticata. 174.
- - - - - - - - dell' aria fissa. *ivi*.
- - - - - - - - dell' aria infiammabile. 176.
Vedi la Nota XVI.
Calor comparativo del vapore acqueo. Modo di determinarlo. 180.
Calore che si sviluppa nella combustione dell' aria pura coll' aria infiammabile. 182.
Determinazione del grado infimo di calore, ossia del zero naturale termometrico. 188.
Proposizione II. Il sangue che passa da' polmoni al cuore per la vena polmonare ha più calore assoluto, che non ha il sangue che passa dal cuore a' polmoni per l' arteria pol-

polmonare. 194.
Sperienze per determinare i calori comparativi del sangue arterioso, e del sangue venoso. 195.
Proposizione III. I corpi che si suppongono contener flogisto, crescono di capacità ne' processi della calcinazione, e della combustione. 199.
Questione sull' esistenza del flogisto. Essa è straniera alla Teoria dell' Autore. *ivi*.
Calori comparativi di varj metalli, e delle loro calci. 202.
Calore comparativo dell' alcool. 205.
- della terra calcare, e della calce viva. 210.
- di varj legni, carboni, e ceneri. 213.
Risultati di tutte queste ricerche. 216.
Vedi la Nota XVII.
Proposizione IV. 1. In un ambiente caldo, il color del sangue venoso s' accosta più a quello del sangue arterioso, che non quando l' animale trovasi in un freddo ambiente. 2. Esso flogistica meno d' aria nel primo caso che nel secondo. 3. Il calore sviluppato dalla respirazione d' un animale è incirca eguale a quello che si produce dalla combustion della cera, e del carbone; posto che sieno eguali le quantità d' aria pura che ne restan viziate. 182.
Sperienze sul divario del colore del sangue in varj ambienti. 219.
Sperienze sulla diversa quantità d' aria alterata in varj ambienti. 221.
Apparato per misurare il calore sviluppato nella respirazione e nella combustione. 224.
Sperienze eseguite con quest' apparato. 227.
Vedi le Note XVIII. e XIX.
Risultati. Paragone del calore sviluppato nella respirazione, e in diverse combustioni. 248.

SEZIONE TERZA.

Spiegazione del calore animale. 250.
Vedi, la Nota XX.
Spiegazione del calor sensibile che svolgesi nella combustione. 260.
Se il fuoco si fissi nei corpi. Incertezze su questo punto. Modo di levarle. 263.

SEZIONE QUARTA.

Spiegazione de' principali fenomeni del Calore Animale, e della Combustione. 269.

Fenomeni relativi al Calore Animale.

Differenza del calore animale negli animali dotati di polmoni, e in quelli che ne sono privi. *ivi.*
Vedi la Nota XXI.
Sperienze di *Fordyce* sul freddo, che in certe circostanze producesi entro il corpo animale. Spiegazione di questo fenomeno. 276.
Cagioni che mantengon costante la temperatura del corpo animale. 275.
Cagioni ond' essa varia talvolta. 277.
Calore delle inflammazioni locali, delle febbri etiche ec. 280.
Congettura sopra l' uso della milza, e delle glandole linfatiche. 282.

Fenomeni relativi alla Combustione.

Influenza dell' aria pura sulla Combustione. *ivi.*
Nel simultaneo cangiamento di capacità di due corpi, quando abbiasi sviluppo, o perdita di calor sensibile, e quando nò. 284.
Vedi la Nota XXII.
Esempj dell' uno e dell' altro caso. 289.
Calcolo del calore che si sviluppa dall' aria pura, mentre si combina col ferro. 291.
Vedi la Nota XXIII.

Scin-

Scintilla dell' acciajo percosso dalla selce. 294.
Vedi la Nota XXIV.
Differenza di varie combustioni per rapporto alla loro vivacità. 295.
Accensione degli olj all' affondervi l' acido nitroso. 296.
Detonazione del nitro. *ivi*.
Calore che si sveglia nella miscela dell' aria nitrosa coll' aria pura. *ivi*.
Calore prodotto dalla scintilla elettrica. 297.
Vedi la Nota XXV.
Spiegazione del tremuoto. 298.
Spiegazione de' Vulcani. 300.
Vedi la Nota XXVI.
Nutrizione de' vegetabili. Circolazion perenne del calore dal regno animale al vegetabile, ed a vicenda. *ivi*.
Effetti maravigliosi delle leggi regolatrici del calore. Esse rendono eguale la purezza e respirabilità dell' aria atmosferica ne' diversi climi. 301.
Esse prevengono gl' inconvenienti d' un troppo rapido passaggio dal calore al freddo, o viceversa. 302.
Esse rendono meno ineguale la temperatura ne' diversi climi, e nelle diverse stagioni. 304.
Questione sulla natura del calore. Essa è straniera alla Teoria quì proposta. Opinion dell' Autore. 306.
Incoraggimento a proseguir queste ricerche. Utilità fisiche e morali che ne derivano. 308.

APPENDICE.

Nuove sperienze dell' Autore han confermato pienamente i risultati delle prime. 314.
Dimostrazione di varie proposizioni enunciate nel libro; formole per calcolare l' infimo grado di calore. 316.
Se questo infimo grado di calore sia costante. Sperienze di *Gadolin*. 321.
Vedi la Nota XXVII.

Storia delle recenti scoperte sulla Teoria del Calore. Scoperte di *Black* e d'*Irvine*. Scoperte dell' Autore. 340.
Vedi la Nota XXVIII.
Altre osservazioni su varj luoghi del libro. 342.
Tavola del calore comparativo di varj corpi. 345.
Vedi la Nota XXIX.
NOTE DEL TRADUTTORE. 348.

ERRORI.			CORREZIONI.
Pag.	*lin.*		
75.	7.	Trentasei	Trentadue
92.	31.	69, 9+	68, 9+
116.	18.	gr. 3,	gr. 2
166.	3.	179, 95	176, 95
169.	24.	deflogisticata	flogisticata.
170.	1.	due misure della medesima miste ad una d' aria nitrosa occupavano	una misura della medesima mista a due d' aria nitrosa occupava
171.	10.	a tre quarti	ad un quarto
203.	25.	*dopo* diaforetico	*aggiungi* inversamente
212.	19.	dell' alcool	della calce viva
218.	24.	calor	color
233,	3.	36 a 75	76 a 75
320.	4.	C, e	$C - c$
ivi.	*ult.*	proazione ducano	azione producano

Fig. 4.

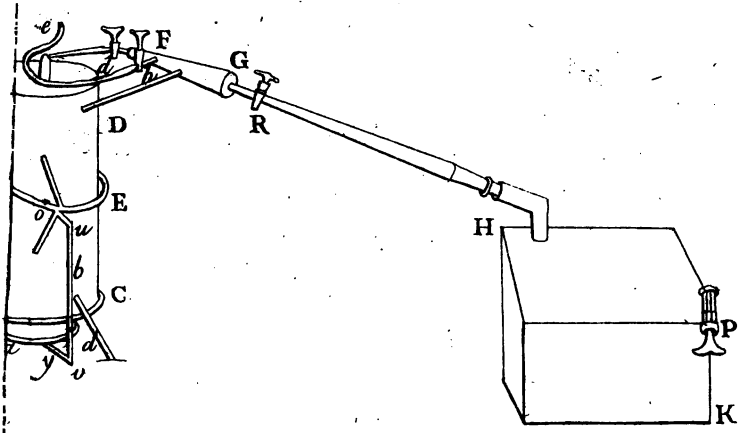


Fig. 2.

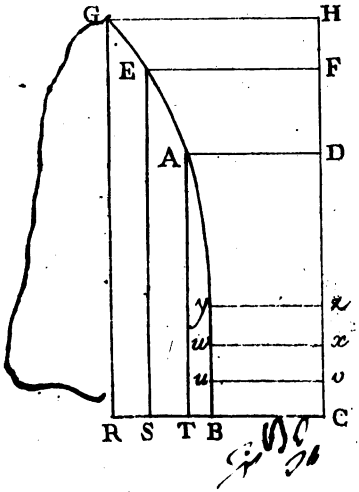


Fig. 5

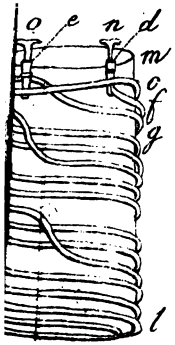


Fig. 7.

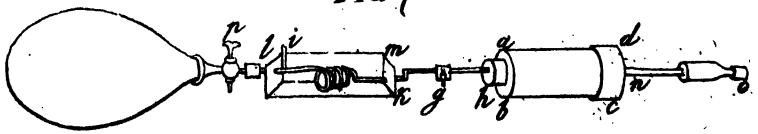


FIG. 2.

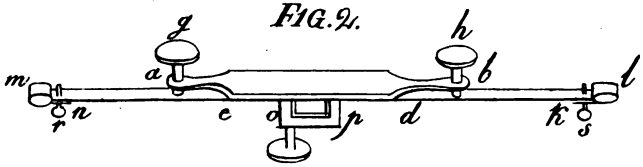


FIG. 3.

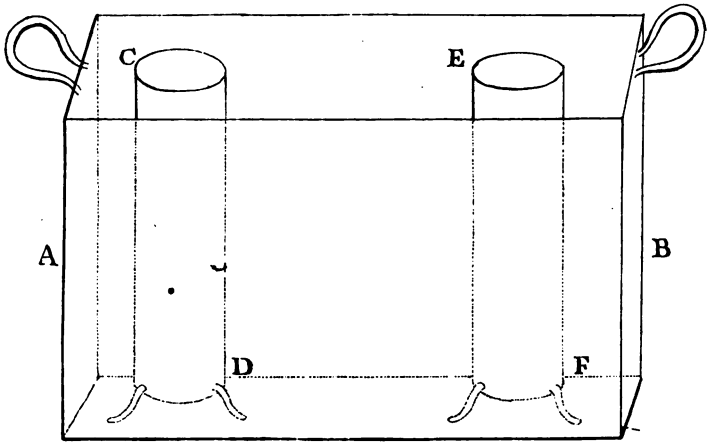


FIG. 4.

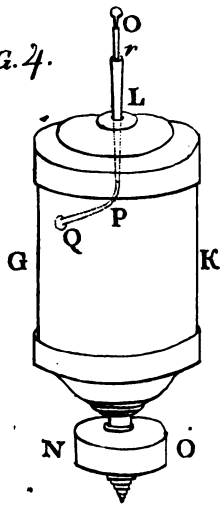


FIG. 5.

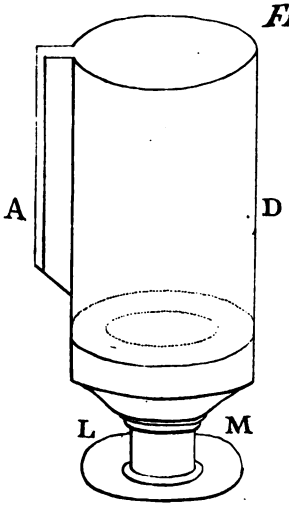
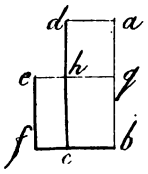


FIG. 5.


d
a
h
e
g
f
b
c

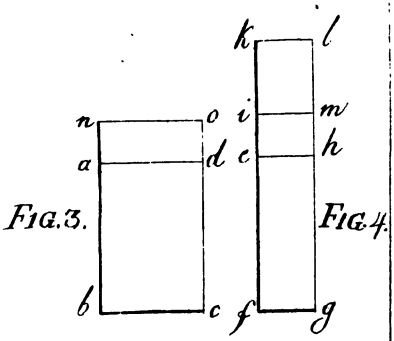
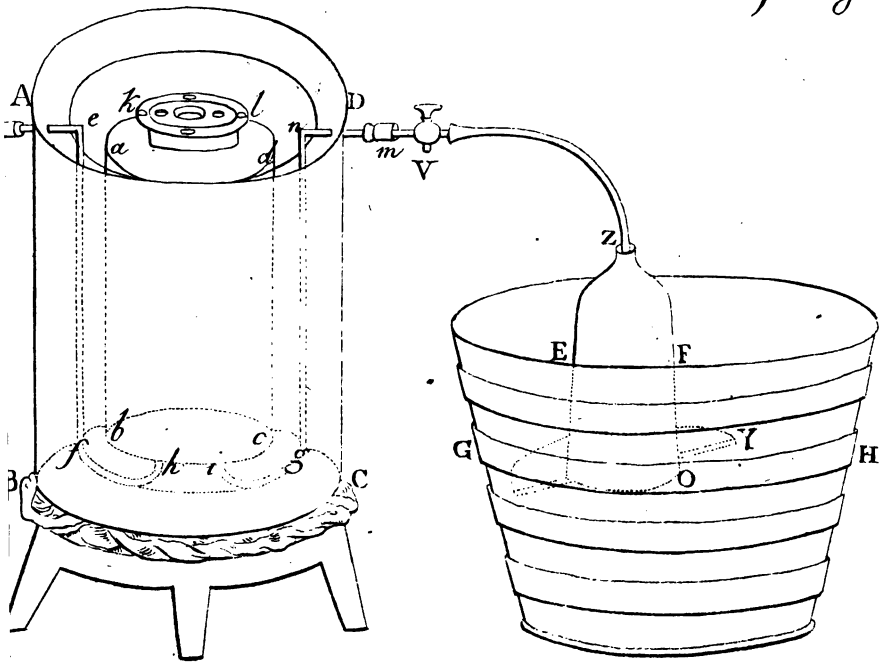

n
o
a
d
b
c
FIG. 3.
k
l
i
m
c
h
f
g
FIG. 4.

FIG. 1.


A
k
l
e
n
D
a
d
m
V
z
E
F
b
c
f
h
i
g
G
Y
H
O
B
C